

# Termelési rendszerek és folyamatok

Gyakorlat

Dr. Hornyák Olivér

# Fúrás, furatmegmunkálás

$d_0$ : kiinduló átmérő (mm)

$d$ : kész furat átmérője (mm)

$d_k$ : közepes átmérő (mm)  $d_k = \frac{d_0 + d}{2}$

$n$ : szerszám fordulatszám (ford/min)

$v_c$ : forgácsolási sebesség (m/min)

$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} \frac{\text{mm}}{\text{m}} \quad v_k = \frac{d_k \cdot \pi \cdot n}{1000} \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

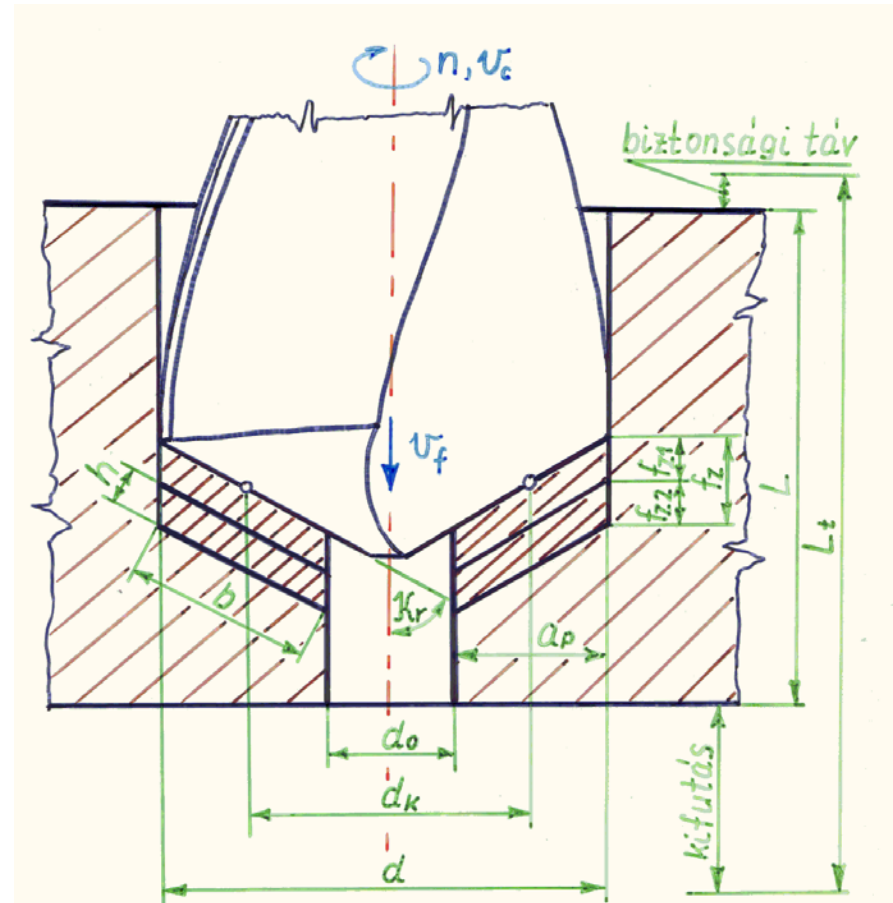
$f_z$ : előtolás (mm/ford)

$f_{z1} = f_{z2}$ : egy élre jutó előtolás (mm/ford)

$a_p$ : „fogásmélység” (mm)  $a_p = \frac{d - d_0}{2}$

$v_f$ : előtoló sebesség (m/min)  $v_f = f_z \cdot n$

$z$ : élek száma



# Fúrás, furatmegmunkálás

$A_1$ : egy élre jutó forgácskeresztmetszet (mm<sup>2</sup>)

$$A_1 = f_{z1} \cdot a_p = b \cdot h$$

$h$ : forgácsvastagság (mm)

$$h = f_{z1} \cdot \sin \kappa_r$$

$b$ : forgácsszélesség (mm)

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

$Q$ : forgácsleválasztás intenzitása (cm<sup>3</sup>/min)

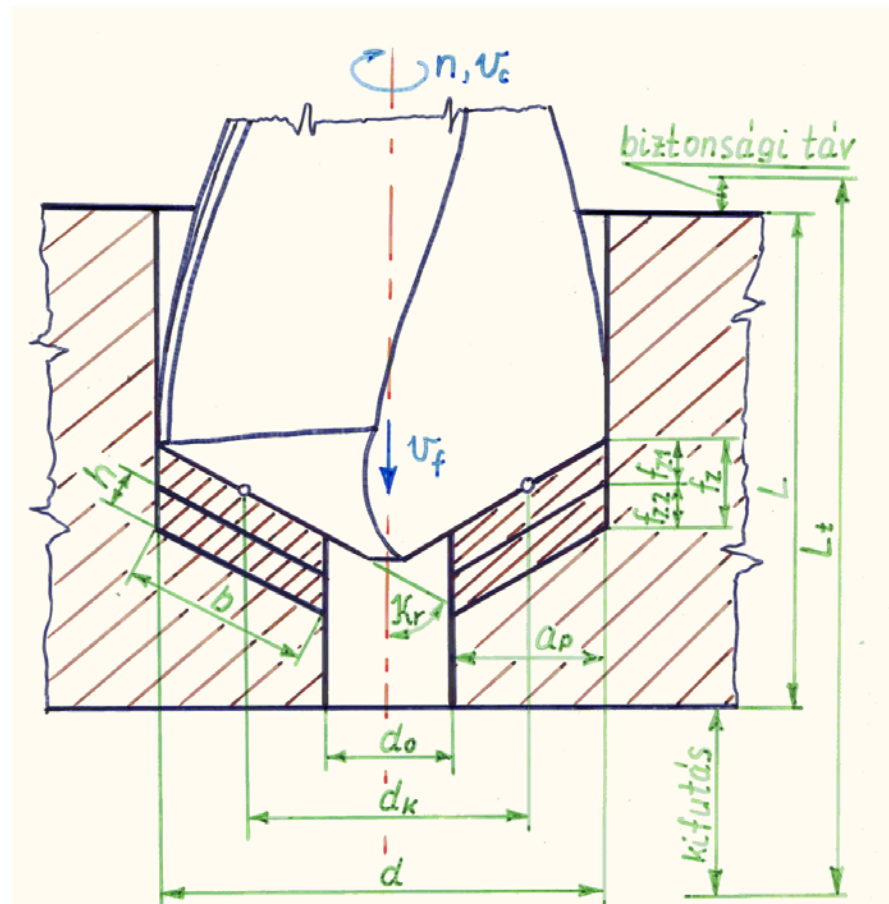
$$Q = z \cdot A_1 \cdot v_k = f_z \cdot a_p \cdot v_k$$

$V_m$ : leválasztandó térfogat (cm<sup>3</sup>)

$$V_m = \frac{d^2 - d_0^2}{4 \cdot 1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} \cdot \pi \cdot L$$

$t_m$ : forgácsolás főideje (min)

$$t_m = \frac{V_m}{Q} = \frac{L}{v_f}$$



# Fúrás, furatmegmunkálás

$F_{c1}, F_{c2}$ : forgácsolósebesség irányú erők (N)

$$F_{c1} = k_c A_1$$

$F_{p1}, F_{p2}$ : fogásvétel irányú erők (N)

$F_{f1}, F_{f2}$ : előtolás irányú erők (N)

A fogásvétel irányú erők egymást közömbösítik.  $\vec{F}_{p1} + \vec{F}_{p2} = \vec{0}$

A fogásvétel irányú erők erőpárt alkotnak, amelynek csak

M: nyomatéka (Nm) van.  $\vec{F}_{c1} + \vec{F}_{c2} = \vec{0}$

$$M = \frac{F_{c1} \cdot d_k}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}$$

Jelentős előtolás irányú erő ébred:

$$\vec{F}_{f1} + \vec{F}_{f2} = \vec{F}_f \quad F_{f1} = c_f \cdot F_{c1}$$

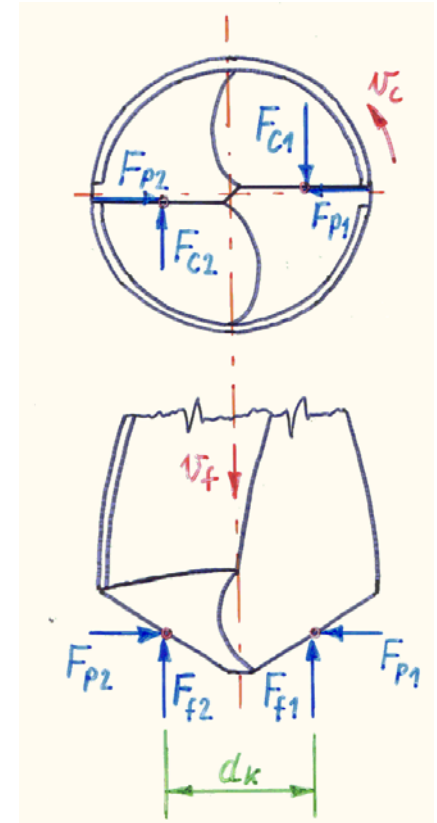
$c_f$ : tapasztalati állandó

P: forgácsolási teljesítmény,

$$P = M \cdot \omega \quad \text{ahol}$$

$\omega$ : szögsebesség (radián/s)

$$\omega = n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}$$



# Fúrás, furatmegmunkálás

## Mintapélda:

Egy RF.2b típusú sugárfúrógépen egy A50 anyagminőségű, 50 mm vastagságú acéllemezbe Ø48 mm-es átmenő furatot kell csigafúrással készíteni. További adatok:

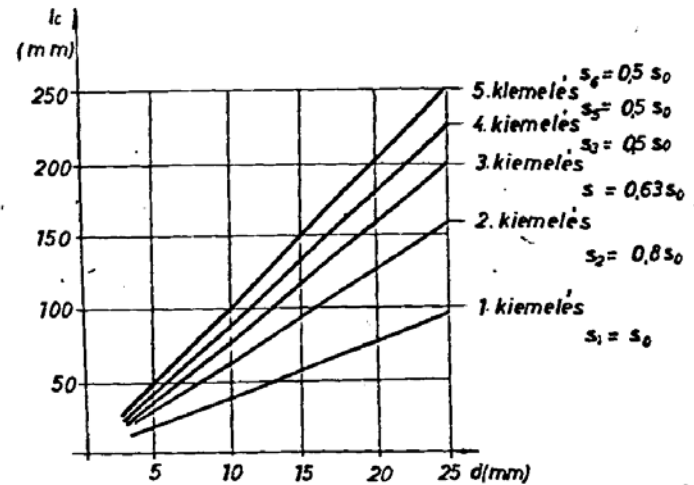
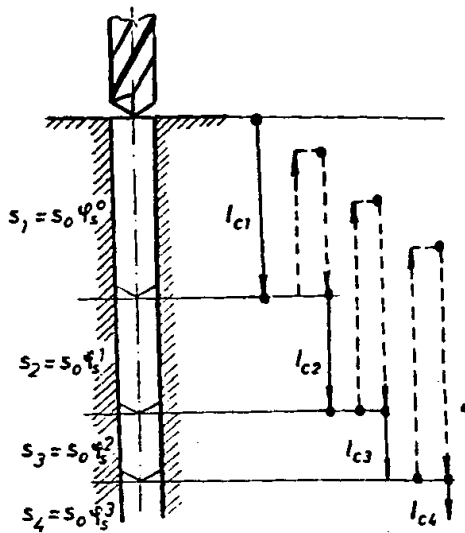
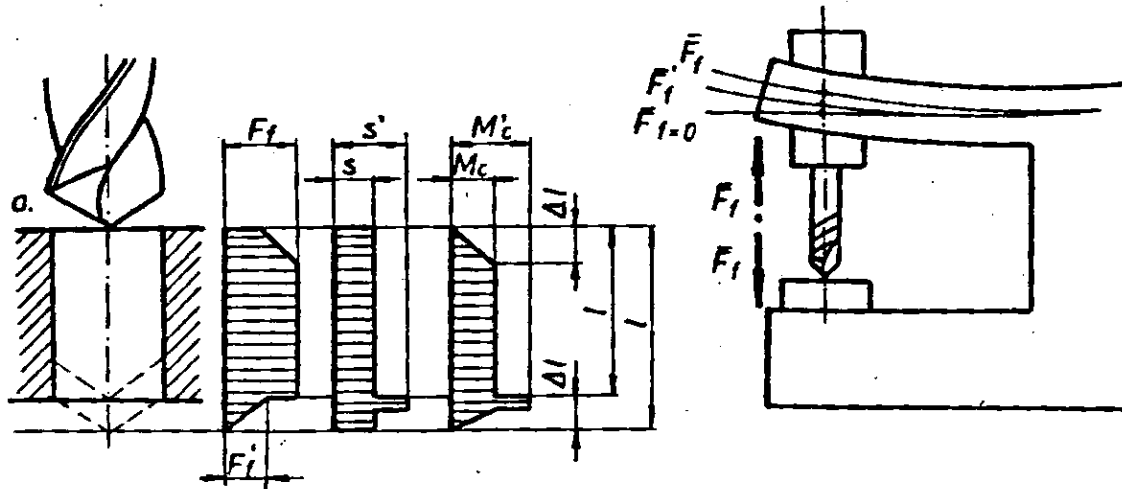
- $k_c=1500 \text{ N/mm}^2$
- Maximális motorteljesítmény:  $P_m=3,3 \text{ kW}$
- Összhatásfok:  $\eta_\delta=0,75$
- Előtolás:  $f_z=0,38 \text{ mm/ford}$
- $2\kappa_r=120^\circ$

## Meghatározandó:

1. A megengedhető maximális fordulatszám ( $n=?$ )
2. A fellépő nyomaték ( $M=?$ )
3. A telibefúrás gépi főideje, ha 2mm-es ráfutást és a szükséges túlfutást is figyelembe vesszük ( $t_m=?$ )

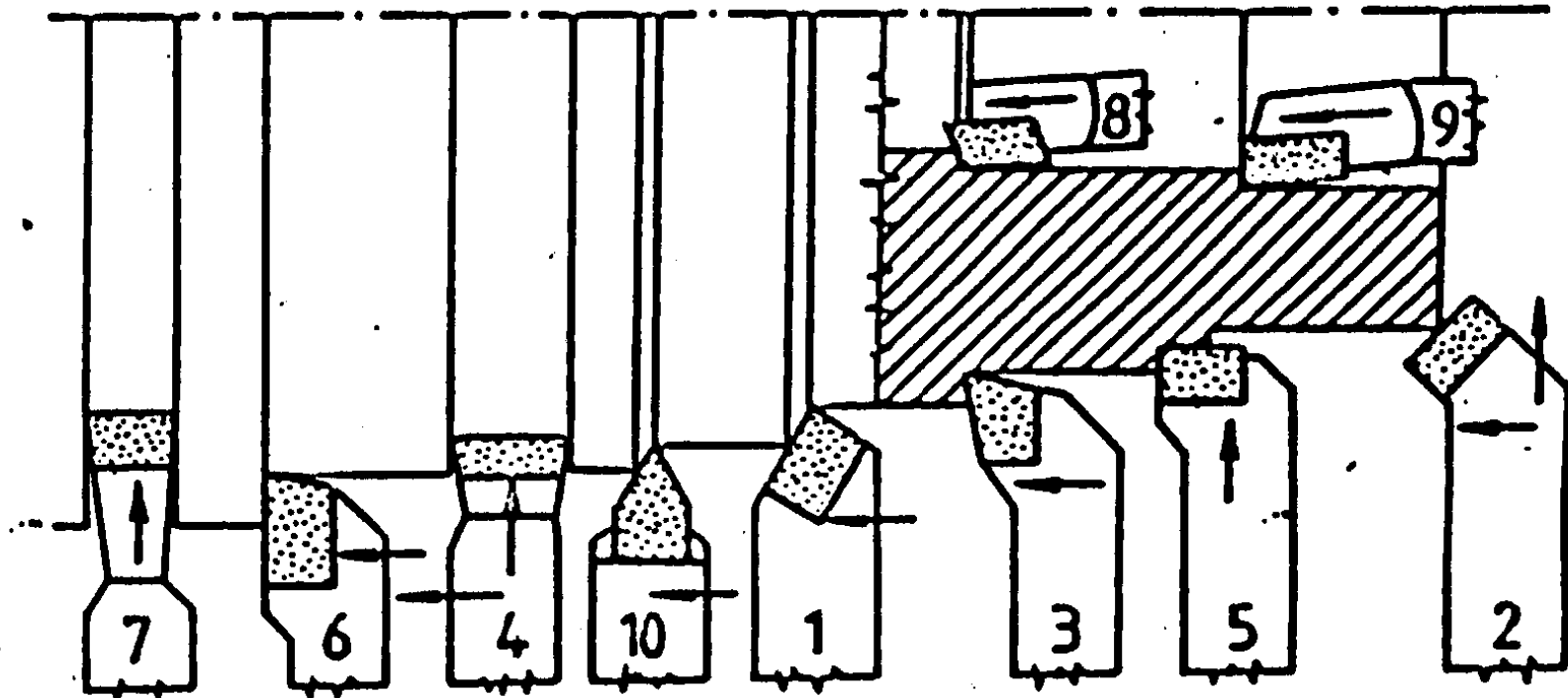
## Megoldás:

# Fúrás, furatmegmunkálás



örmelési per  
folyam




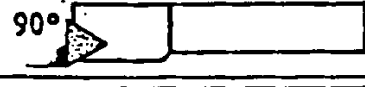
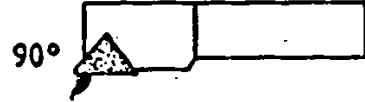


# Esztergálás










A forrasztott keményfémlapkás szerszámok fajtái.  
és alkalmazási lehetőségei

# Esztergálás

A készárak alakja

Alak	Vázlat	Előtolóirány
A		hossz
B		hossz
D		hossz (két oldal)
F		kereszt
G		hossz
J		hossz
		hossz

(DIN 4984)

Alak	Vázlat	Előtolóirány
K		kereszt
L		hossz kereszt
N		hossz
		hossz
R		hossz
S		hossz kereszt
T		hossz



# Külső hengeres felület esztergálása

$d_0$ : nyersdarab átmérő (mm)

$d_m$ : készdarab átmérő az  
m. fogás után (mm)

$L$ : megmunkálandó hossz (mm)

$a_p$ : fogásmélység (mm)

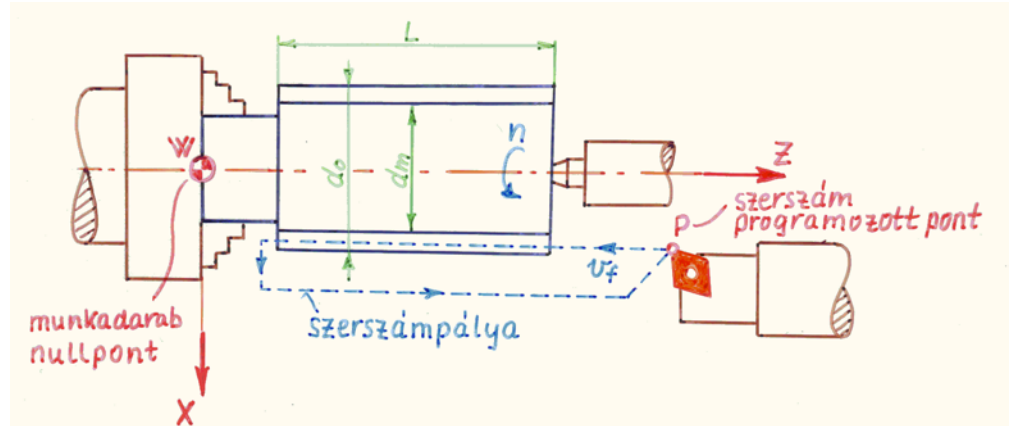
$$\sum_{i=1}^m a_p = \frac{d_0 - d_m}{2}$$

$n$ : főorsó fordulatszám

$v_c$ : forgácsolási sebesség (m/min)  $v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} \frac{mm}{m}$

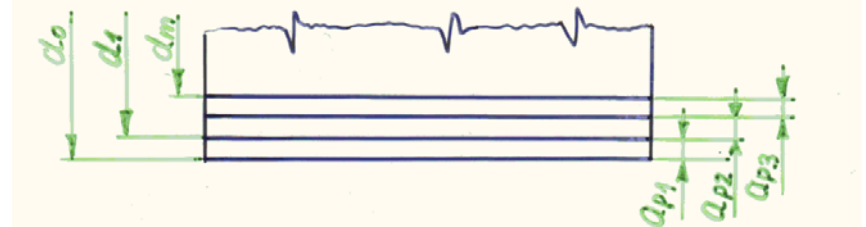
$f$ : előtolás (mm/ford)

$v_f$ : előtoló sebesség (m/min)  $v_f = f_z \cdot n$



# Külső hengeres felület esztergálása

Forgácsleválasztási terv



$Q_i$ : forgácsleválasztás intenzitása ( $\text{cm}^3/\text{min}$ )  $Q_i = v_{cki} \cdot f \cdot a_p$

$v_{cki}$ : közepes forgácsolósebesség az  $i$ . anyagréteg leválasztásánál ( $\text{m}/\text{min}$ )

$$v_{cki} = \frac{d_{ki} \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}$$

$d_{ki}$ : közepes átmérő az  $i$ . anyagréteg leválasztásánál ( $\text{mm}$ )  $d_{ki} = \frac{d_i + d_{i+1}}{2}$

$$Q_i = \frac{d_{ki} \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}} \cdot \frac{v_f}{n} \cdot a_{pi} = \frac{d_{ki} \cdot \pi \cdot a_{pi}}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}} \cdot v_f$$

# Külső hengeres felület esztergálása

$V_{mi}$ : leválasztandó térfogat az  $i$ .  
anyagréteg leválasztásánál ( $\text{cm}^3$ )

$$V_{mi} = \frac{d_{i-1}^2 - d_i^2}{4 \cdot 1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} \cdot \pi \cdot L$$

$V_m$ : leválasztandó térfogat ( $\text{cm}^3$ )

$$V_m = \sum_{i=1}^m V_{mi} = \frac{d_0^2 - d_m^2}{4 \cdot 1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} \cdot \pi \cdot L$$

$t_{mi}$ : forgácsolás főideje az  $i$ . anyagréteg  
leválasztásánál (min)

$$t_{mi} = \frac{V_{mi}}{Q_i} = \frac{L}{v_f}$$

$t_m$ : forgácsolás főideje (min)

$$t_m = \sum_{i=1}^m t_{mi} = m \cdot \frac{L}{v_f}$$

# Külső hengeres felület esztergálása

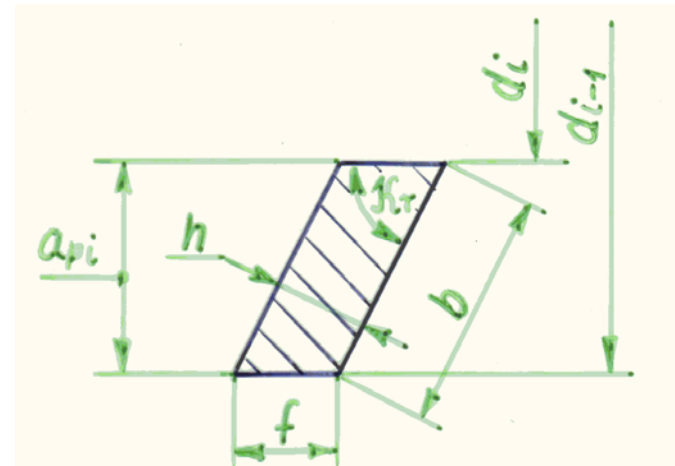
## A forgácskeresztmetszet:

$\kappa_r$ : szerszám (főél) elhelyezkedési szög (fok)

$b$ : forgácsszélesség (mm)  $b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$

$h$ : forgácsvastagság (mm)  $h = f_{z1} \cdot \sin \kappa_r$

$A_a$ : forgácskeresztmetszet (mm<sup>2</sup>)  $A = f \cdot a_{pi} = b \cdot h$



# Külső hengeres felület esztergálása

A forgácsolóerő:

$F_c$ : főforgácsoló erő (N)

$$F_c = k_c A$$

$k_c$ : fajlagos forgácsolóerő (N/mm<sup>2</sup>),  
 $k_c = f(h, b, \text{anyagminőség, élgeometria, hűtés, kopottság})$

$$F_c = c_F \cdot v_c^{z_F} \cdot f^{x_F} \cdot a_p^{y_F} \cdot k_E$$

$c_F$ : konstans  $\left(\frac{\text{min} \cdot \text{N}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}\right)$

$z_F \approx 0,1; x_F \approx 0,75; y_F \approx 1$

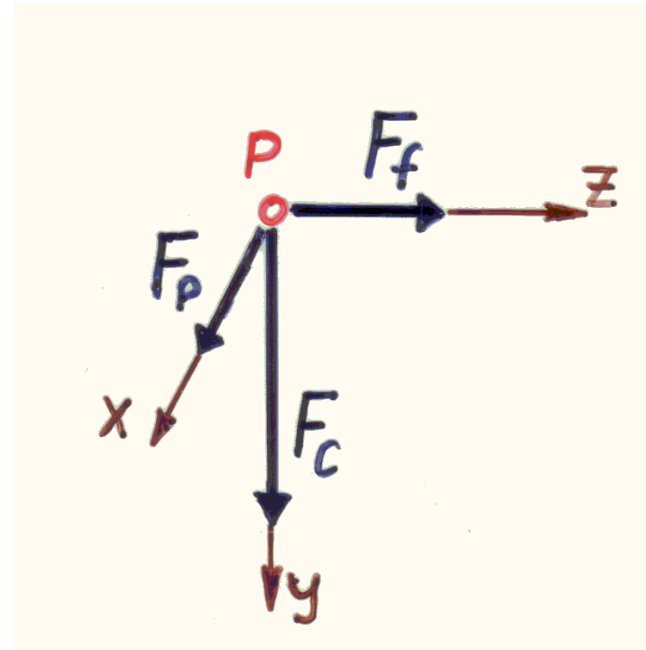
$k_E$ : korrekciós tényezők eredője

$F_f$ : előtolás irányú erők (N)

$F_p$ : fogásvétel irányú erő (N)

$p$ : fajlagos élterhelés (N/mm)

$$p = \frac{F_c}{b} = k_c \cdot h$$



$$F_c : F_f : F_p = 1 : (0,25 - 0,32) : (0,40 - 0,25)$$

# Külső hengeres felület esztergálása

M: forgácsolási nyomaték (Nm)  $M = \frac{F_c \cdot d_k}{2000 \frac{mm}{m}}$

P: forgácsolási teljesítmény

$$P = F_c v_c + F_f v_f \approx F_c v_c$$

$$P = F_c \cdot \frac{d_k \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{min} \cdot 60 \frac{s}{min}} = M \cdot n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60 \frac{s}{min}} = M \cdot \omega$$

$\omega$ : szögsebesség (radián/s)

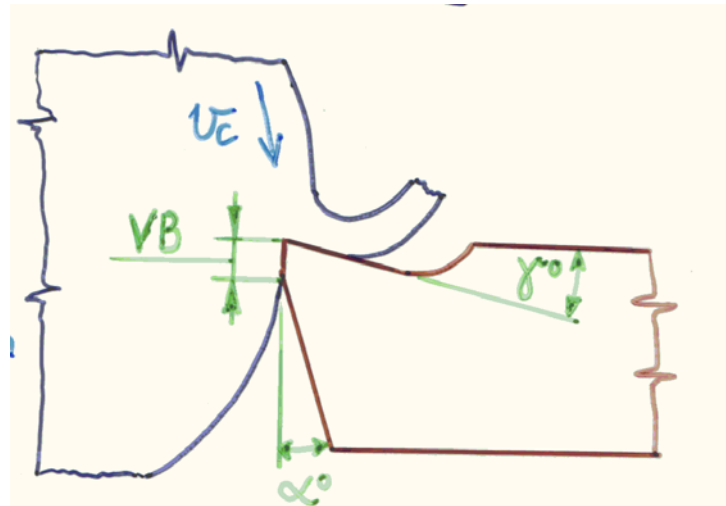
A szerszámkopás:

$\gamma^0$ : homlokszög (fok)

$\alpha^0$ : hátszög (fok)

VB: hátkopás (mm)

$VB_{max} = 0,3 - 0,8$  mm



# Külső hengeres felület esztergálása

Taylor egyenlete:

$$v_c \cdot T^m = C_v$$

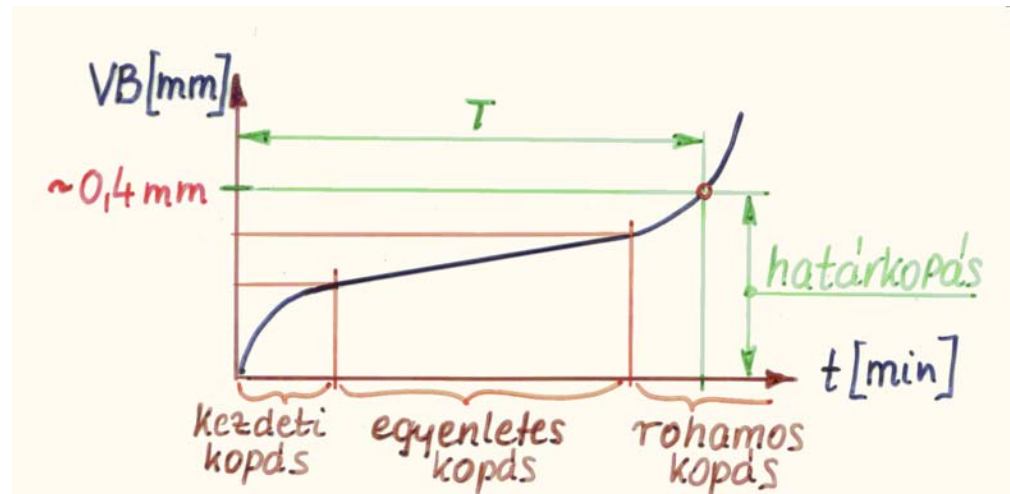
$$m = -1/k = 0.25 \quad (k = -4 \sim -3)$$

$C_v = \text{konstans}$

$C_v = v_c$ , ha  $T = 1 \text{ min}$

Bővített Taylor egyenlet:

$$v_c = \frac{C_v}{f^p \cdot a_p^q \cdot T^m} \cdot VB^n$$



# Külső hengeres felület esztergálása

## Mintapélda:

Normalizált, C45 anyagú rúdacélból  $d=92$  mm átmérőjű,  $L=250$  mm hosszúságú munkadarabokat esztergálunk. Kiinduló átmérő  $d_0=100$  mm. Főorsó fordulatszám = 500 ford/min, fogásmélység  $a_p=2$  mm, előtolás  $f=0,5$  mm/ford. A fajlagos forgácsolóerő  $k_c=2250$  N/mm<sup>2</sup>.

## Határozzuk meg:

1. A fogások számát ( $m=?$ )
2. Az előtolás sebességét ( $v_f=?$ )
3. A forgácsolási főidőt ( $t_m=?$ )
4. A főforgácsolóerőt ( $F_c=?$ )
5. A forgácsolás teljesítményét az első fogásnál. ( $P_1=?$ )



# Külső hengeres felület esztergálása

## Mintapélda:

Egy hosszesztergálási műveletnél mekkora lehet a forgácsolósebesség a bővített Taylor egyenlet alapján, ha:

$$T=30 \text{ min}$$

$$a_p=2 \text{ mm}$$

$$f=0,4 \text{ mm/ford}$$

$$p=0,33$$

$$q = 0,08$$

$$C_v=350$$

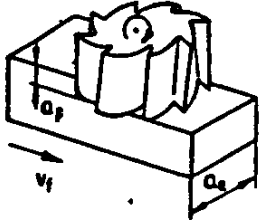
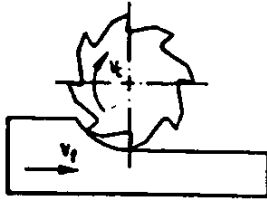
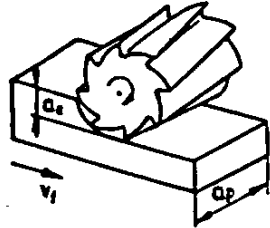
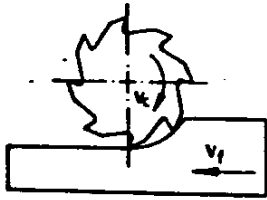
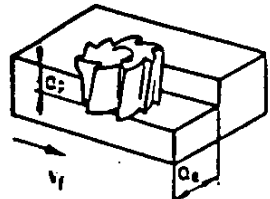
$$VB=0,6 \text{ mm}$$

## Megoldás:



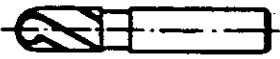

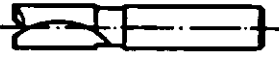

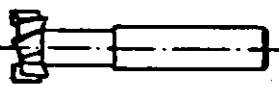

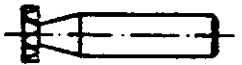
$$m = -\frac{1}{k} = -\frac{1}{-4} = 0.25$$

$$v_c = \frac{C_v}{f^p \cdot a_p^q} VB^n = \frac{350}{0.4^{0.33} \cdot 2^{0.08} \cdot 30^{0.25}} \cdot 0.6^{0.5} = 148 \frac{m}{min}$$

# Marás

<p>1. Homlokmarás</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A maró forgástengelye merőleges a mart felületre,</li> <li>- Paláston a főélek, homlokon a mellékélek forgácsolnak,</li> <li>- Megm.felület: sík.</li> </ul>	<p>4. Ellenirányú marás</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hagyományos eljárás:</li> <li>- Bármilyen gépen kivitelezhető</li> </ul>
<p>2. Palástmarás</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A maró forgástengelye párhuzamos a mart felülettel.</li> <li>- A paláston lévő főélek forgácsolnak.</li> <li>- Megm.felület: sík</li> </ul>	<p>5. Egyenirányú marás</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Újabb keletű eljárás.</li> <li>- Játékmentes asztal mozgató gépet igényel.</li> </ul>
<p>3. Palást-homlokmarás</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A paláston a főélek, a homlokon a mellékélek forgácsolnak.</li> <li>- Megm.felület: lépcsős (derékszög)</li> </ul>		

# Marás

1.		Ujjmaró	6.		Szögmaró szár felé csökkenő kúppal
2.		Süllyesztékmaró	7.		Szögmaró szár felé növekvő kúppal
3.		Hosszlyukmaró	8.		Kúpos süllyesztékmaró
4.		T-horonymaró	9.		Gömbölyűvégű kúpos süllyesztékmaró
5.		Ivesreteszhoronymaró (Woodruff-ék horony.)			

# Palástmarás

A palástmarás mozgási és forgácsolási viszonyai:

**Palástmarás:** a maró forgástengelye párhuzamos a megmunkált felülettel.

A palástmarás geometriai jellemzői: változó keresztmetszetű (bajusz alakú) forgács szakaszos leválasztása. ,

$z$ : a maró fogainak száma

$f_z$ : fogankénti előtolás (mm)

$\bar{h}$ : közepes forgácsvastagság (mm)

$$\bar{h} \cdot i \cdot b_w = a_e \cdot f_z \cdot b_w \Rightarrow \bar{h} = f_z \cdot \frac{a_e}{i} \approx f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d}}$$

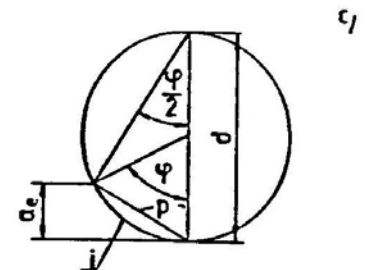
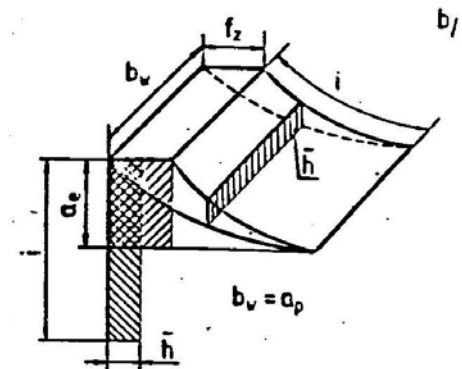
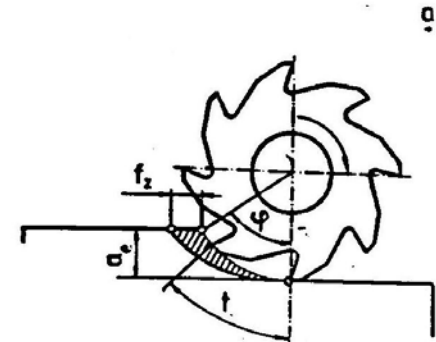
$a_e$ : fogásmélység (mm)

$i$ : forgácsolási ív hossza (mm)  $i \approx p \approx \sqrt{a_e \cdot d}$  ( $\varphi < 30^\circ$ )

$d$ : maróátmérő (mm)

$n$ : maró fordulatszáma (ford/min)

$v_f$ : előtolás sebessége  $v_f = z \cdot f_z \cdot n$



# Palástmarás

Q: a forgácsleválasztás intenzitása (cm<sup>3</sup>/min)

$$Q = \frac{a_e \cdot b_w \cdot v_f}{1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}}$$

## Erő és teljesítményszükséglet palástmarásnál

A leggyakoribb palástmarók furatosak és ferde élűek. A ferde él nyugodt, rezgésmentes járást és kis erőhullámzást biztosít a szerszámnak. A nagyobb marók éle hullámos vagy forgácstörő hornyokkal tagolt

$F_{c1}$ : egy fogra eső forgácsolósebesség irányú erő (N)

$$F_{c1} = k_c \cdot A_c = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h}$$

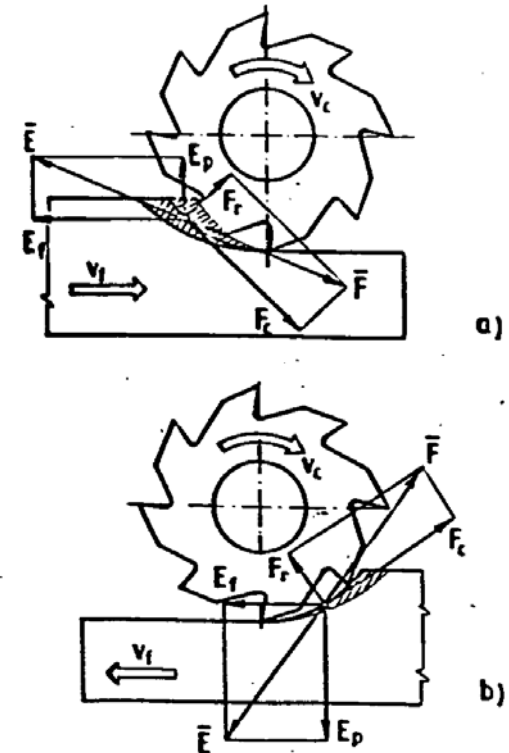
$k_c$ : fajlagos forgácsolóerő (N/mm<sup>2</sup>)

$A_c$ : átlagos forgácskeresztmetszet (mm<sup>2</sup>)

$F_c$ : teljes forg. sebesség irányú erő (N)

$$F_c = \Psi \cdot F_{c1}$$

$\Psi$ : kapcsolószám, azaz az egyidejűleg kapcsolódó fogak száma



A palástmarás változatai: a) ellenirányú marás b) egyenirányú marás

# Palástmarás

$$\Psi = \frac{i}{t} \approx \frac{p}{t} = \frac{z \cdot \sqrt{a_w \cdot d}}{d \cdot \pi} = \frac{z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d}}$$

$t$ : a maró fogosztása (mm)

$$t = \frac{d \cdot \pi}{z}$$

$F_c$  (középérték )behelyettesítve:

$$F_c = k_c \cdot a_e \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{z}{d \cdot \pi}$$

$P_c$ : teljesítményszükséglet (W)

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \frac{s}{\min}}$$

$v_c$ : forgácsoló sebesség

$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{\min}}$$

# Palástmarás

A palástmarás jellegzetes szerszámai még:

- tárcsamarók (fűrész-tárcsák is),
- szögmarók,
- rádiuszmarók,
- idommarók.

A palástmarók többnyire monolit szerszámok, de léteznek szerelt (vágólapkás) kivitelűek is.





# Homlokmarás

Erő és teljesítményviszonyok

$F_{c1}$ : egy fogra jutó főforgácsolóerő (N)

$$F_{c1} = k_c \cdot A_c = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h} = k_c \cdot a_p \cdot f_{rx}$$

$F_c$ : teljes főforgácsolóerő (N)

$$F_c = \Psi \cdot F_{c1} = \frac{i}{t} \cdot F_{c1}$$

t: fogosztás (mm)

$$t = \frac{d \cdot \pi}{z}$$

$\Psi$ : kapcsolószám, azaz az egyidejűleg kapcsolódó fogak száma

$$\Psi = \frac{(\varphi_1 + \varphi_2) \cdot z}{360^\circ}$$

P: a teljesítményszükséglet (W)

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \frac{s}{\min}}$$

$v_c$ : forgácsolósebesség (m/min)

$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \frac{mm}{\min}}$$

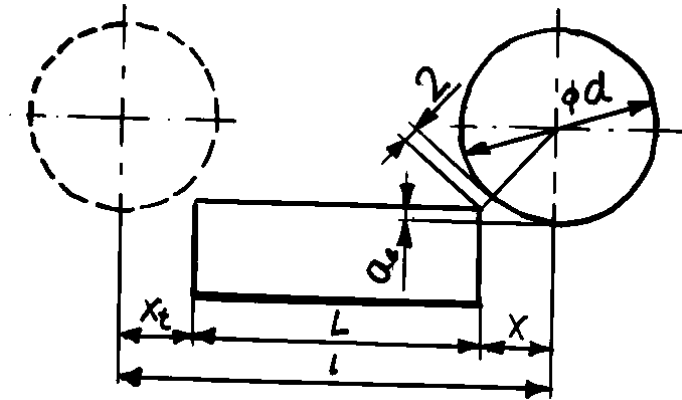
# Marás

Mintapélda palástmarásra:

A50 anyagminőségű munkadarabon  $L=120\text{mm}$  hosszú,  $b_w=65\text{mm}$  széles síkfelületet gyorsacél palástmaróval kell megmunkálni. A szerszám adatai a következők:  $d=80\text{mm}$ ,  $z=8$  fog. A forgácsolási adatok:  $a_e=3\text{mm}$ ,  $f_z=0,1\text{mm/fog}$ ,  $v_c=25\text{ m/min}$ . Táblázatból  $k_c=4734\text{ N/mm}^2$  A50-hez.

Számítsa ki

1. a teljes főforgácsoló (forgácsoló sebesség irányú erőt);
2. az átlagos teljesítményszükségletet;
3. az anyagleválasztás intenzitását;
4. a gépi főidőt !



# Marás

$$\bar{h} = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d}} = 0,1\text{mm} \cdot \sqrt{\frac{3\text{mm}}{80\text{mm}}} = 0,0193\text{mm}$$

$$F_{c1} = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h} = 4734 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 65\text{mm} \cdot 0,0193 = 5958,8\text{N}$$

$$F_c = k_c \cdot a_e \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{z}{d \cdot \pi} = 4734 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3\text{mm} \cdot 0,1\text{mm} \cdot 65\text{mm} \cdot \frac{8}{80\text{mm} \cdot \pi} = 2938\text{N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} = \frac{2938\text{N} \cdot 25 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}} = 1224\text{W}$$

$$Q = \frac{a_e \cdot b_w \cdot v_f}{1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} = \frac{a_e \cdot b_w \cdot z \cdot f_z \cdot n}{1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} =$$

$$\frac{a_e \cdot b_w \cdot z \cdot f_z \cdot v_c \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}{d \cdot \pi \cdot 1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} = \frac{3\text{mm} \cdot 65\text{mm} \cdot 8 \cdot 0,1\text{mm} \cdot 25 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{80\text{mm} \cdot \pi \cdot 1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{cm}^3}} = 15,5 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

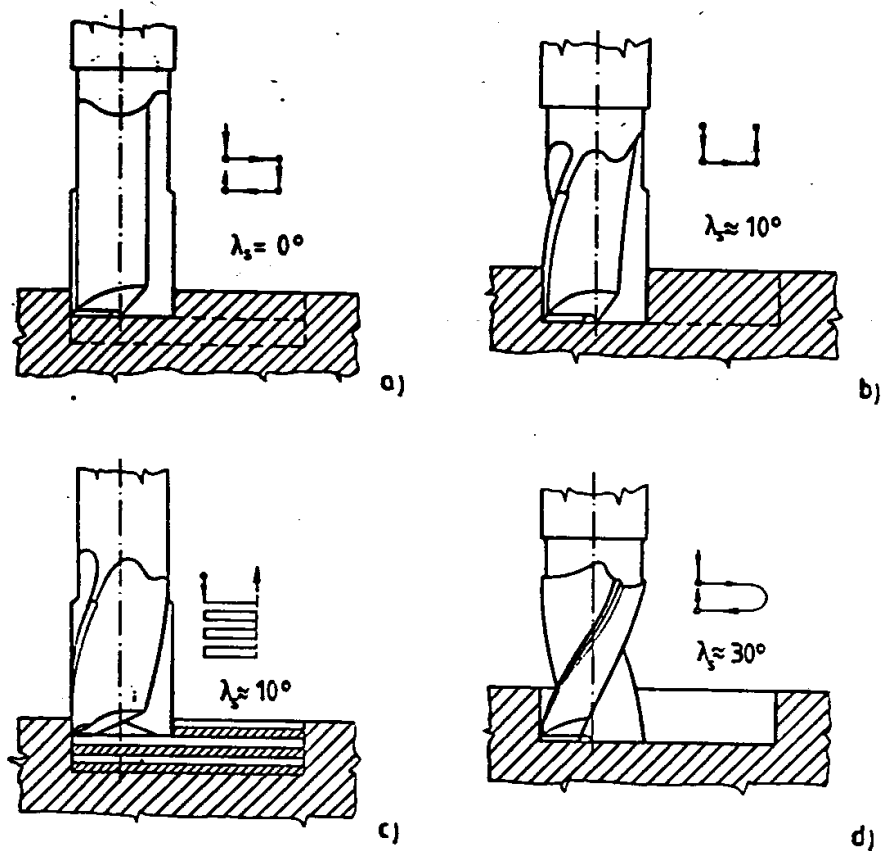
$$x_t \cong 2\text{mm}$$

$$x = \sqrt{\left(\frac{d}{2} + 2\text{mm}\right)^2 + \left(\frac{d}{2} - a_e\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{80\text{mm}}{2} + 2\text{mm}\right)^2 + \left(\frac{80\text{mm}}{2} - 3\text{mm}\right)^2}$$

$$v_f = z \cdot f_z \cdot n = z \cdot f \cdot \frac{v_c \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}{d \cdot \pi} = 8 \cdot 0,1\text{mm} \cdot \frac{25 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}{80\text{mm} \cdot \pi} = 79,6 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

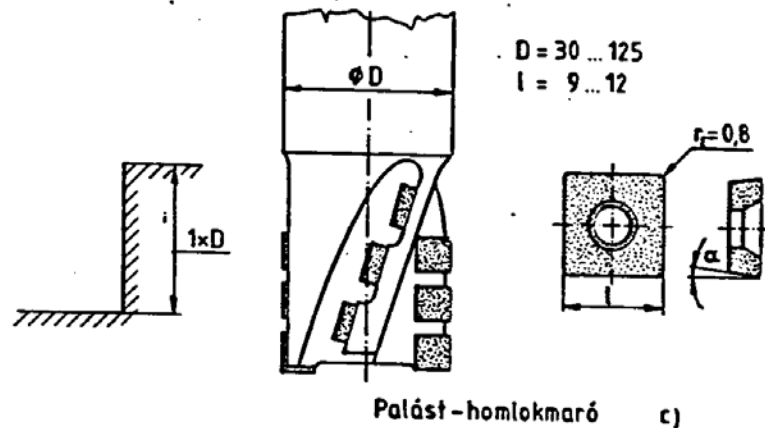
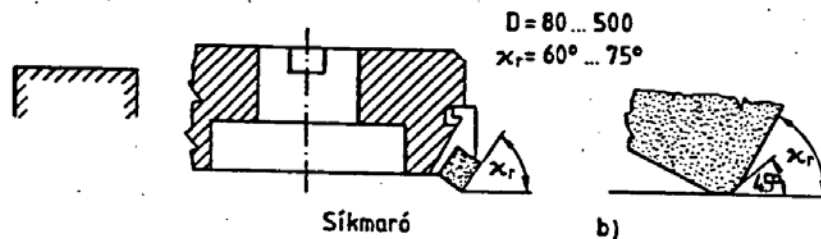
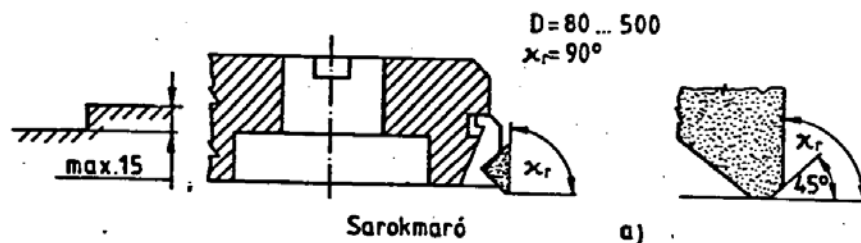
$$t_m = \frac{l}{v_f} = \frac{L + x + x_t}{v_f} = \frac{120\text{mm} + 19,9\text{mm} + 2\text{mm}}{79,6 \frac{\text{mm}}{\text{min}}} = 1,78\text{min}$$

# Marás



A hosszlyukmarók típusai;  
a) egyeneséélű, b) ferdeéélű, c) ferdeéélű szimmetri-  
kus homlokélekkkel, d) csavartéélű

# Marás



# Köszörülés

A **köszörülés** sokélű, határozatlan élgeometriájú szerszámmal (köszörűkoronggal vagy szegmensekkel) végzett megmunkálás, melynél a forgácsolt kötőanyagba ágyazott szabálytalan alakú és elhelyezkedésű, nagy keménységű, magas hőszilárdságú, természetes vagy mesterséges abrazív szemcsék végzik. A forgácsoló főmozgást – forgómozgást – a szerszám, míg az előtolás- és fogásmélység irányú mellékmozgásokat – a gép konstrukciójától függően – vagy a munkadarab, vagy a szerszám végzi.

A köszörűkorong kerületi sebessége  $v_c=25-30$  m/s, a nagysebességű és ultrasebességű köszörülésnél  $v_c=60-250$  m/s értéket is meghaladja. A munkadarab kerületi sebessége  $v_w$  a köszörűkorong sebességének 50-150-ed része, kb. 15-30 m/min

Az abrazív szemcsék anyaga lehet:

Természetes: habkő, kvarc, gránit, természetes korund,

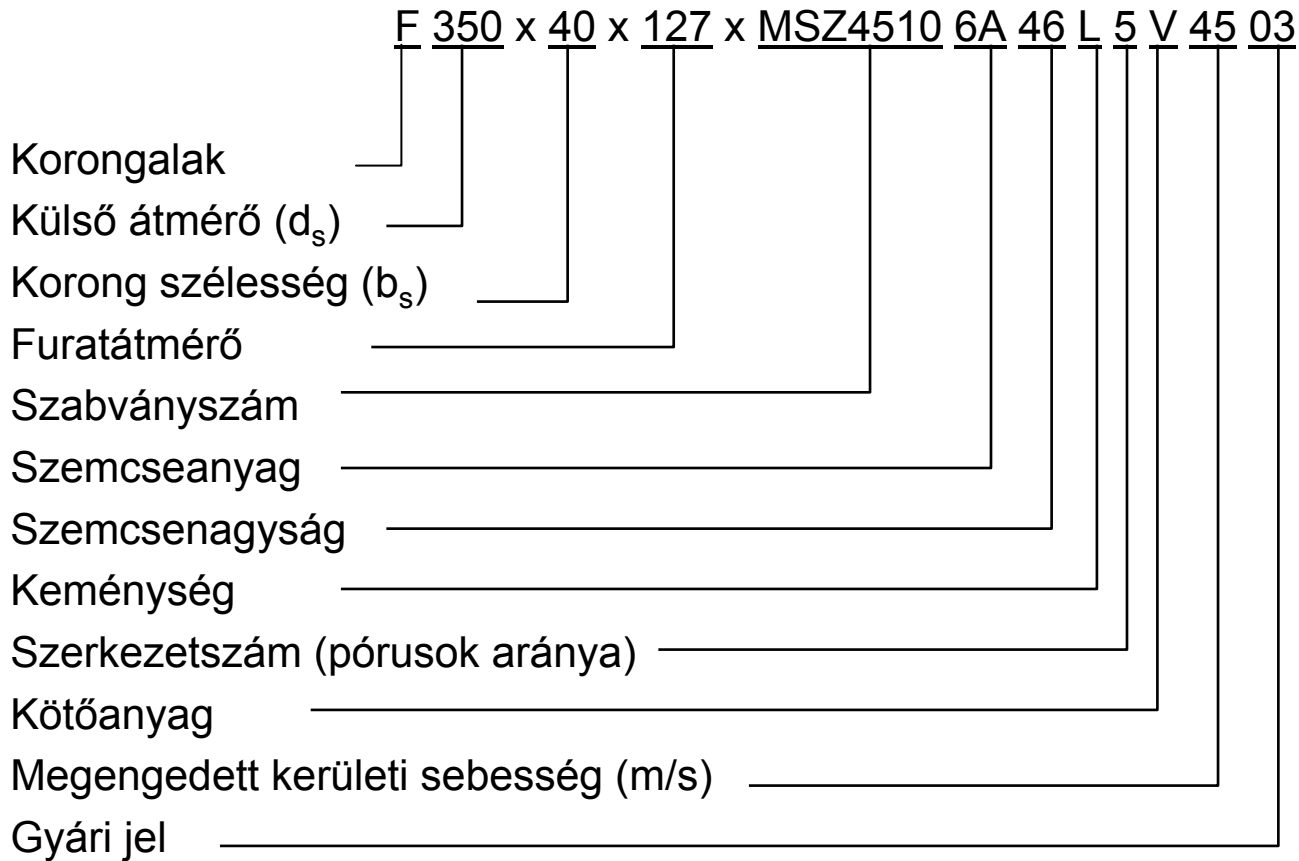
Mesterséges: korund ( $Al_2O_3$ ), szilíciumkarbid (SiC), bórkarbid ( $B_4C$ )

Szuperkemény: természetes vagy mesterséges gyémánt, köbös bórnitrid.

A szemcséket rögzítő kötőanyagok lehet: kerámia (V), szilikát (S), gumi (R), múgyanta (B), sellak (E), magnezit (Mg).

Fontos szerepe van a kötőanyag levegőpórusainak: a forgácsot befogadják és kihordják.

# Köszörülés



# Köszörülés

A köszörülés jellemző összefüggései (oldal-előtolásos palástköszörülésnél)

$v_c$ : forgácsolósebesség, a korong kerületi sebessége (m/s)

$v_w$ : munkadarab kerületi sebessége (m/s)

$q$ : sebességhányados  $q = \frac{v_c}{v_w}$

$d_s$ : korongátmérő (mm)

$d_w$ : a munkadarab köszörült átmérője (mm)

$b_s$ : korongszélesség (mm)

$L$ : oldalelőtolás lökethossza (palásthossz) (mm)

$a_e$ : fogásvétel löketenként, vagy kettőslöketenként (mm)

$v_f$ : előtolás sebessége (mm/min)



# Köszörülés

A forgácsképződés határozatlansága miatt köszörülésnél  $h_{eq}$  egyenértékű forgácsvastagsággal számolunk. Az érintkezési ívhosszon forgácsoló összes szemcse figyelembevételével  $h_{eq}$ : (mm)

$$h_{eq} = \frac{v_w}{v_c}$$

Q: az anyagleválasztás intenzitása (cm<sup>3</sup>/min)  $Q = a_e \cdot f \cdot v_w$

f: előtolás (mm/mdb ford)  $f = (0,25-0,75) \cdot b_s$

$F_c$ : forgácsolósebesség irányú erő, főforgácsolóerő (N).  $F_c = k_c \cdot A = k_c \cdot f \cdot h_{eq}$

$F_c$  erősen függ a szemcsemérettől. Ezt figyelembe véve, a pontosabb érték:

$$F_c = k_c \cdot f \cdot \frac{v_w}{v_c} \cdot a_e \cdot k_\gamma$$

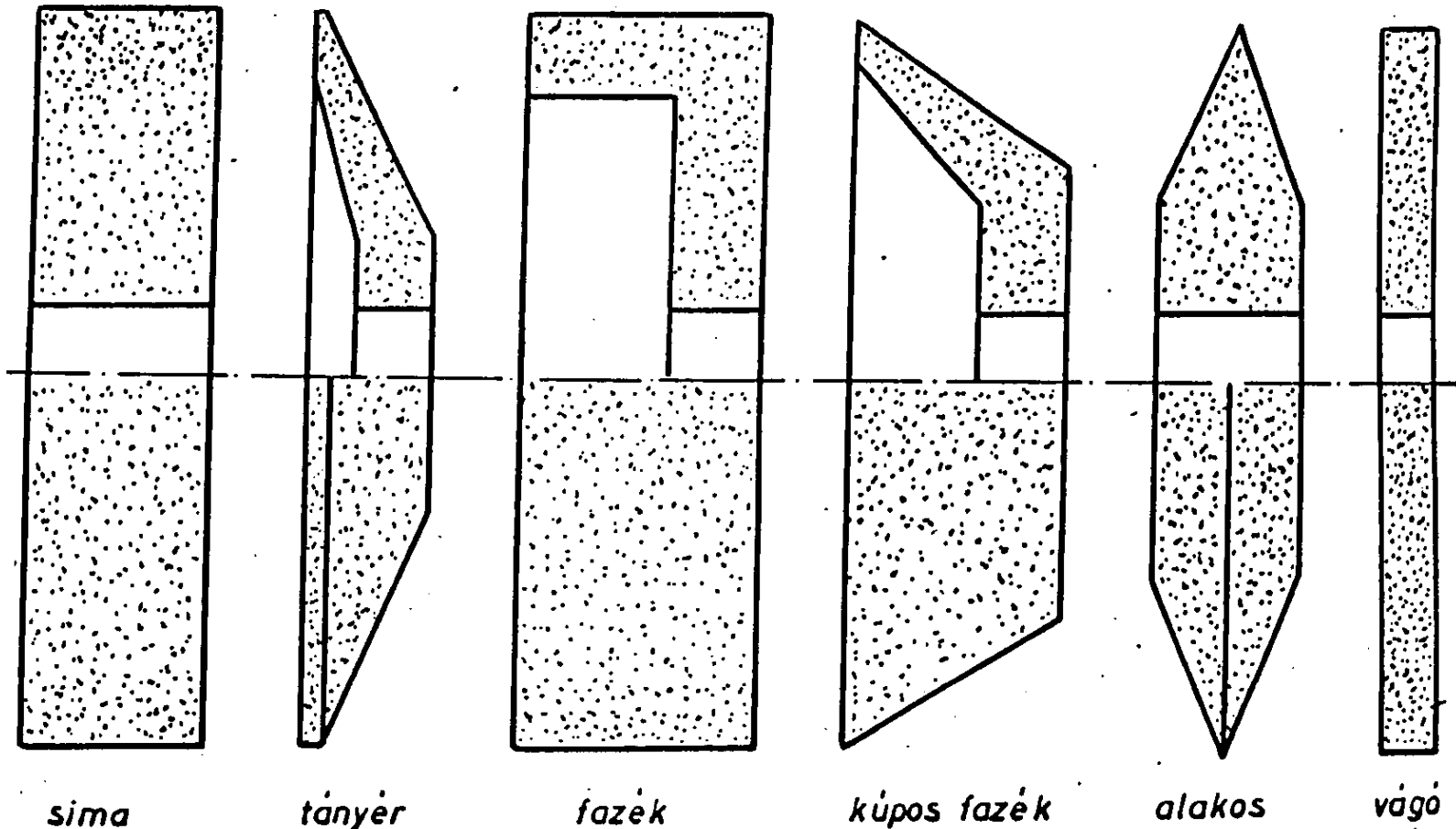
$k_\gamma = 3-6$  (konstans, szemcsemérettől függő)

$F_p$ : sugárirányú (passzív) nyomóerő, jelentős nagyságú (N);  $F_p = (1,5-3) \cdot F_c$

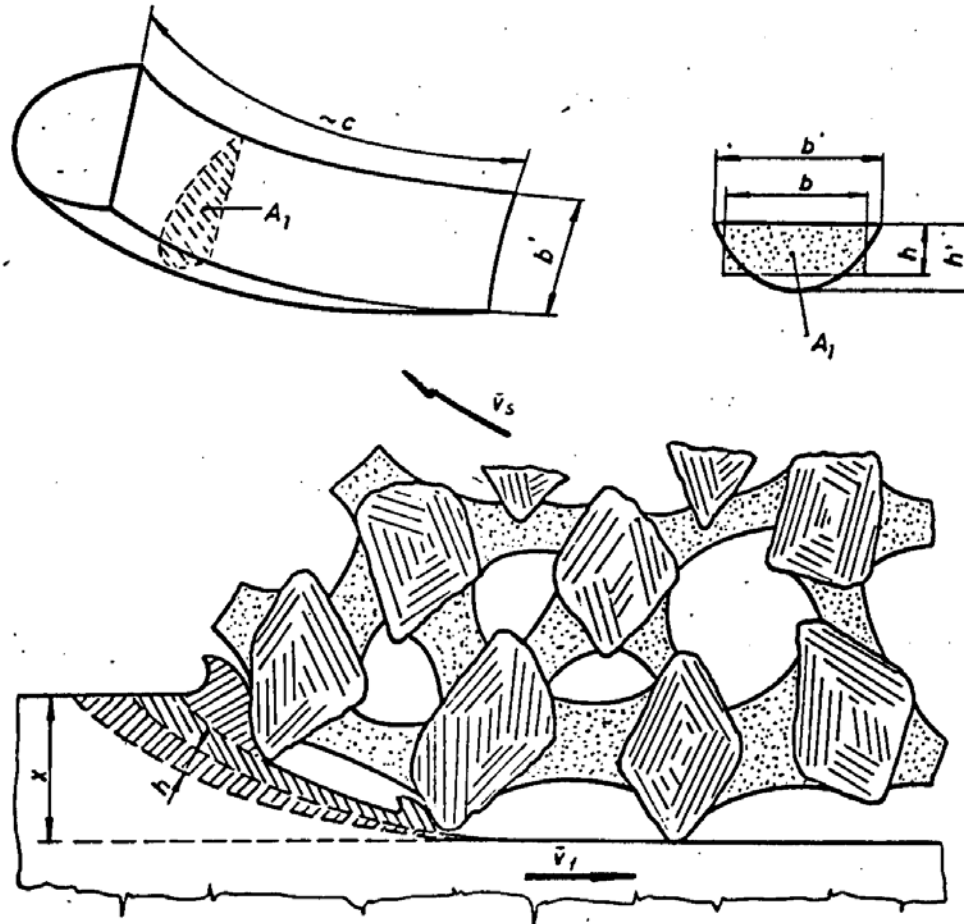
$P_c$ : forgácsolási teljesítmény (W);  $P_c = F_c \cdot v_c$

Megj.: a köszörülés utolsó fázisában, a kb. 4 kiszikráztató löketnél a forgácsolási erő és teljesítmény jelentősen lecsökken.

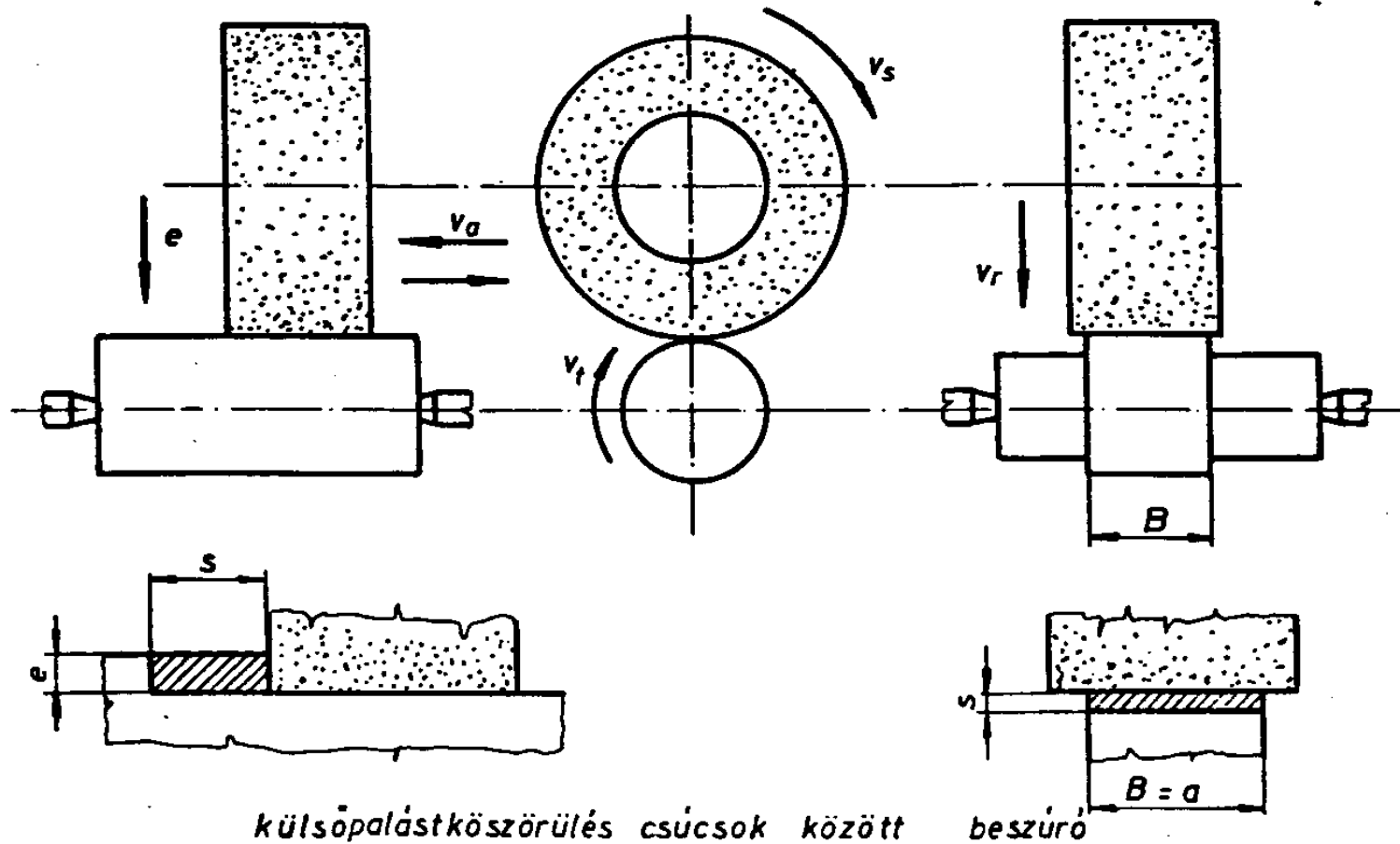
# Köszörülés



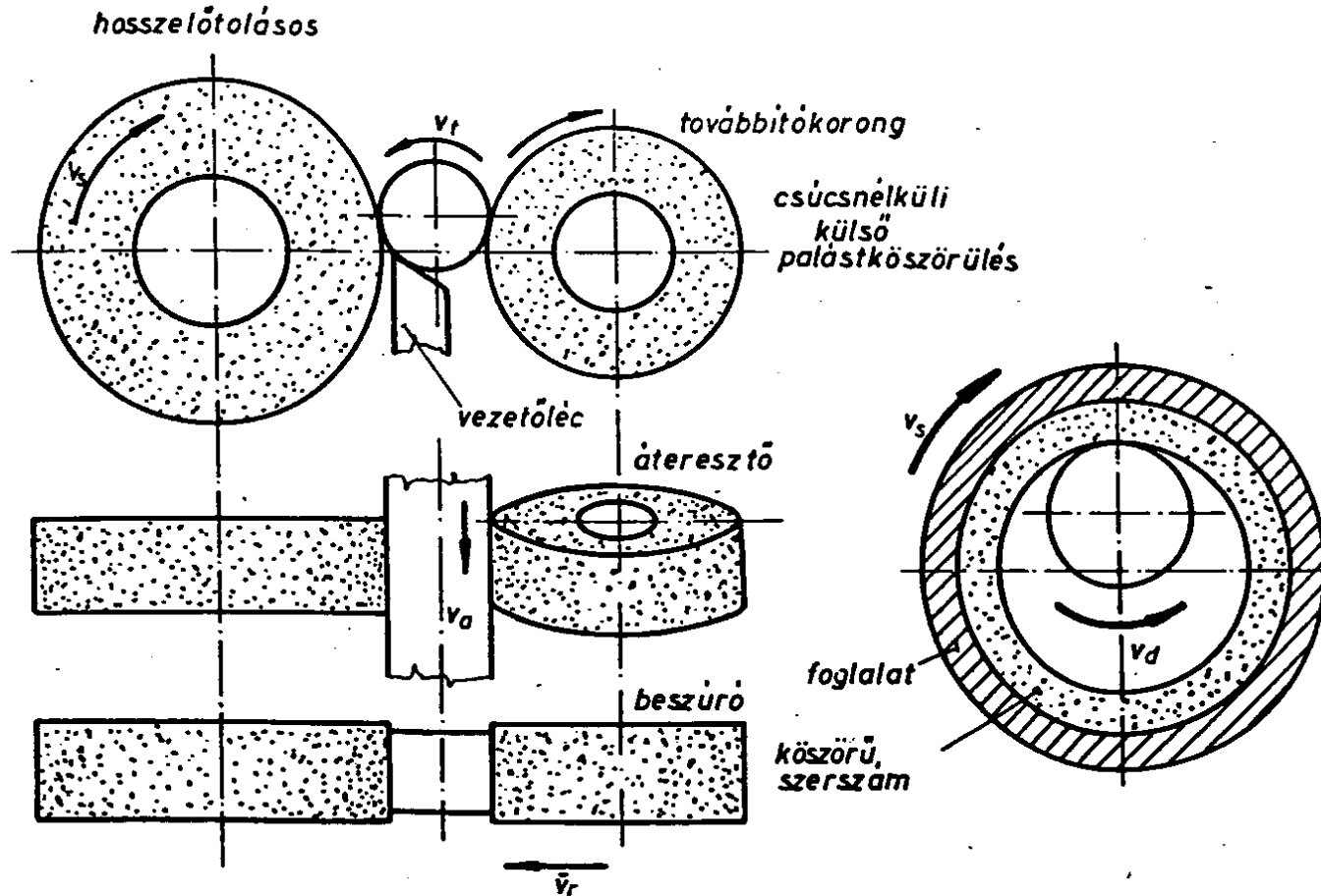
# Köszörülés



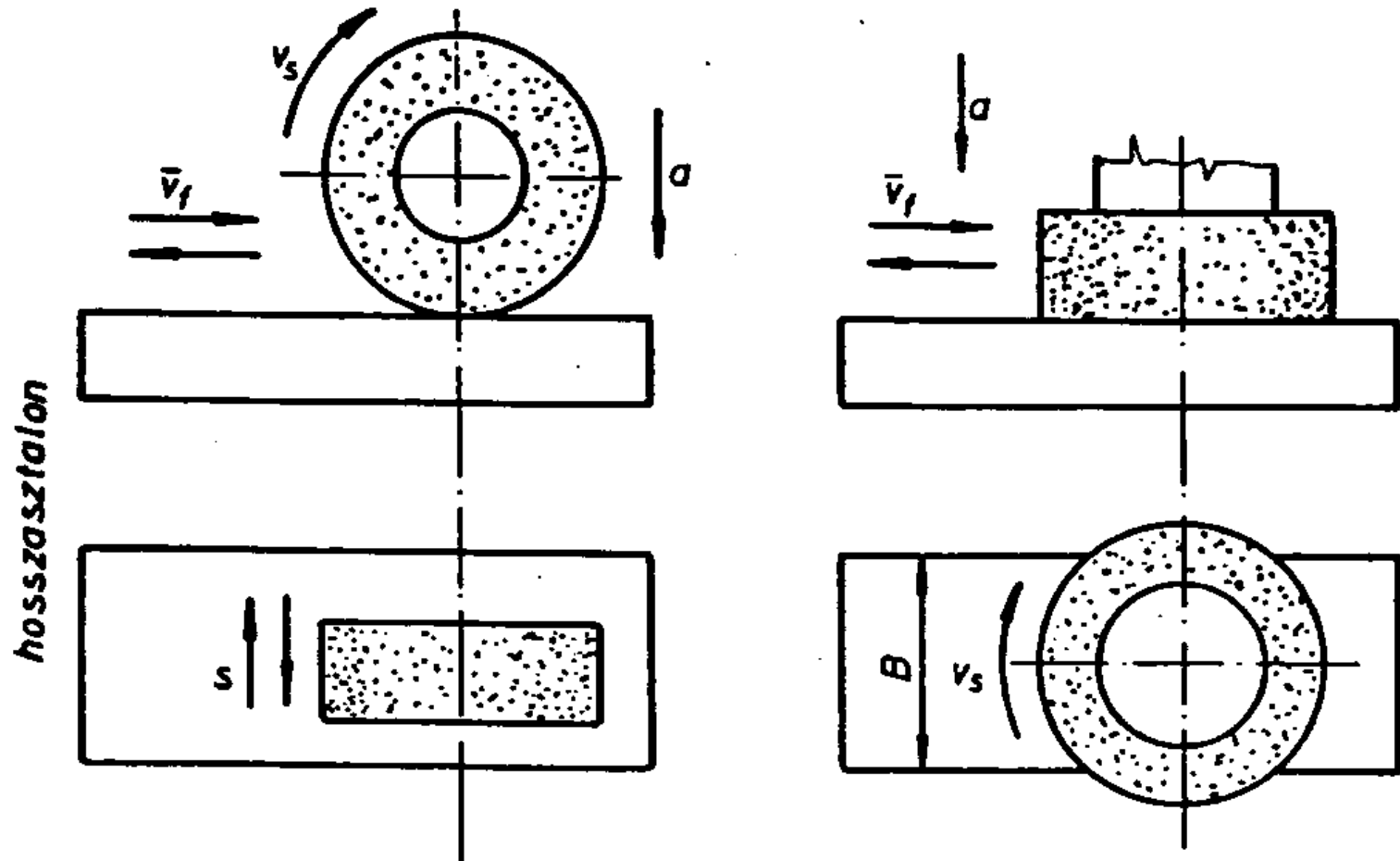
# Köszörülés



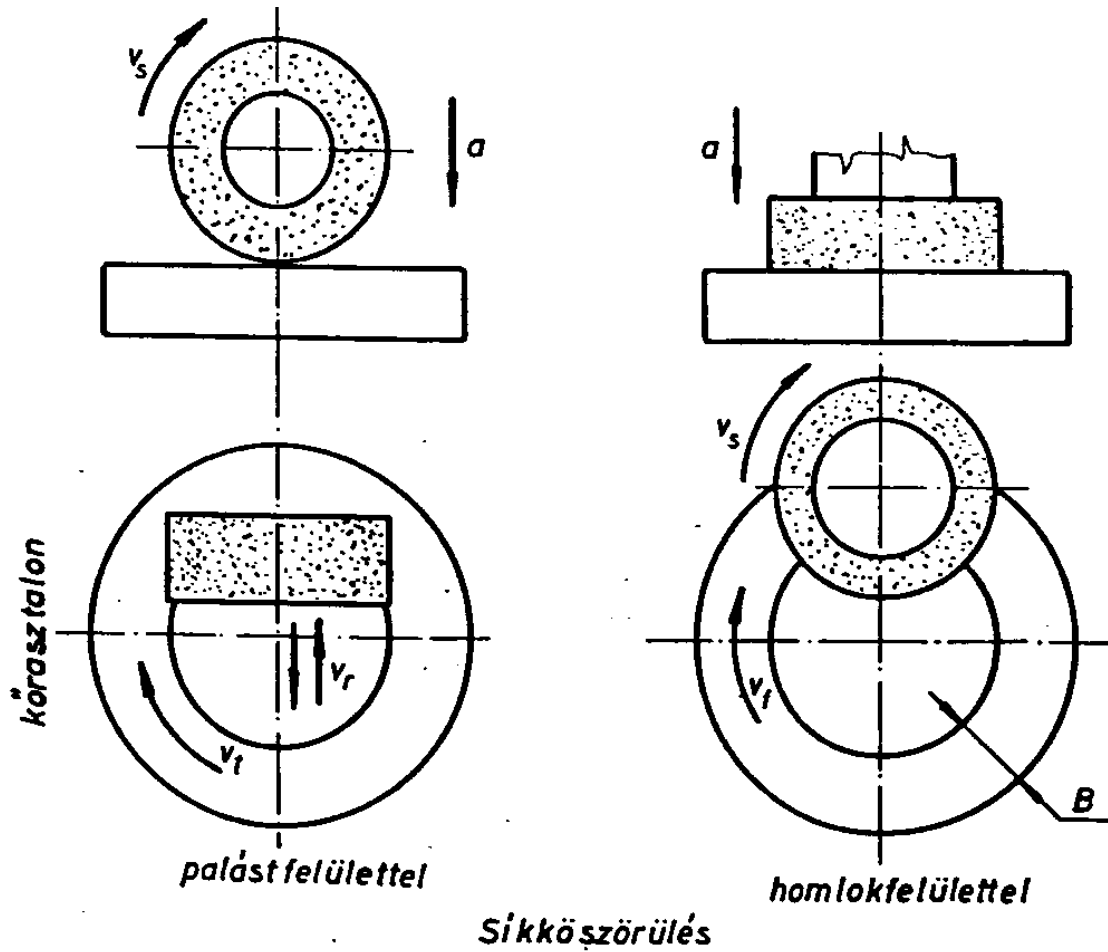
# Köszörülés



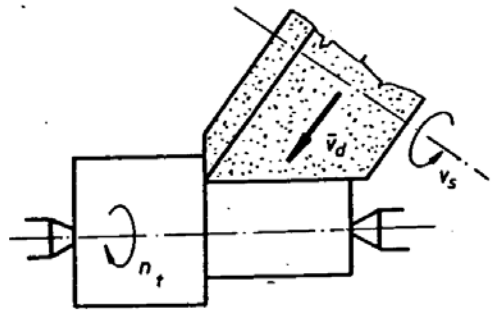
# Köszörülés



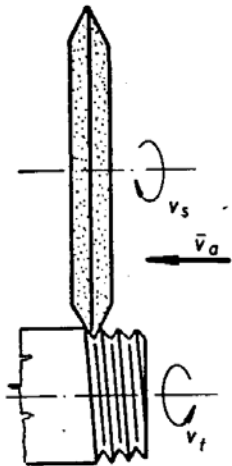
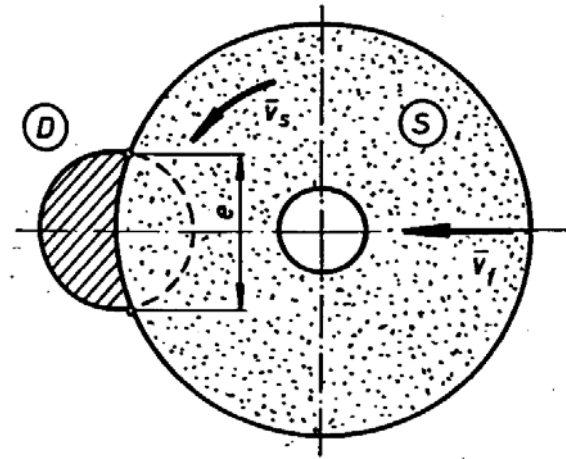
# Köszörülés



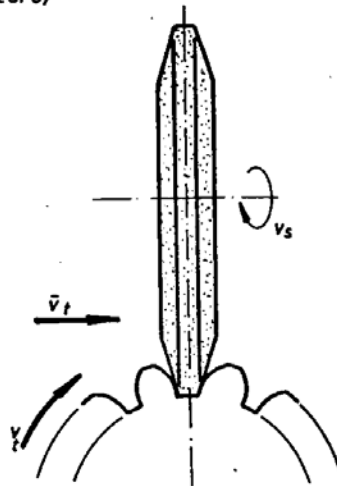
# Köszörülés



diagonal köszörülés  
(ferde besúró)



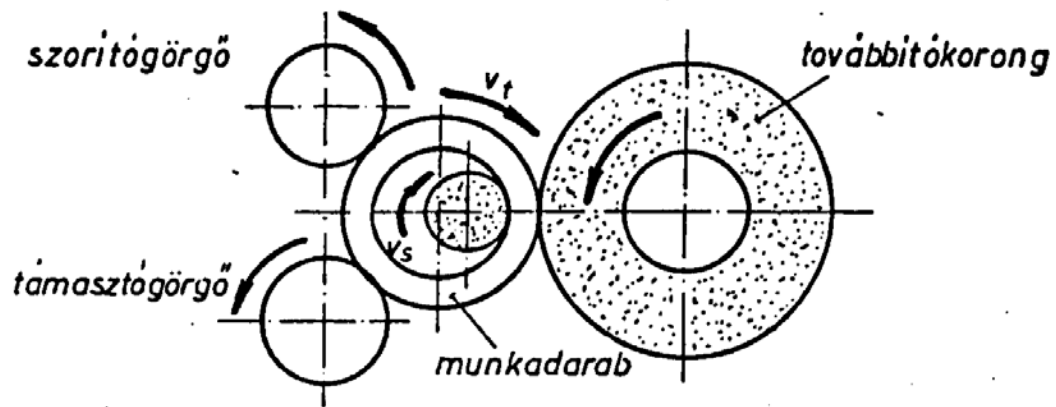
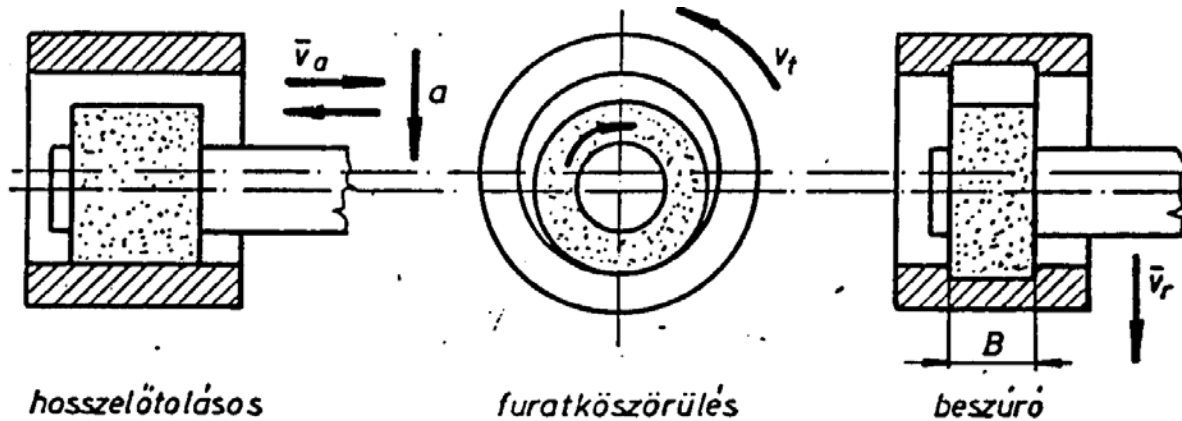
menetköszörülés



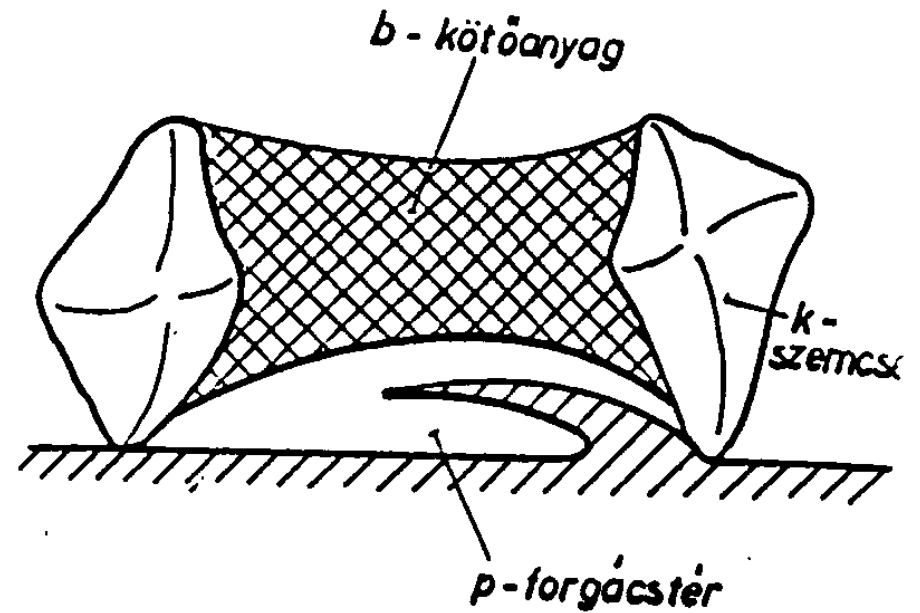
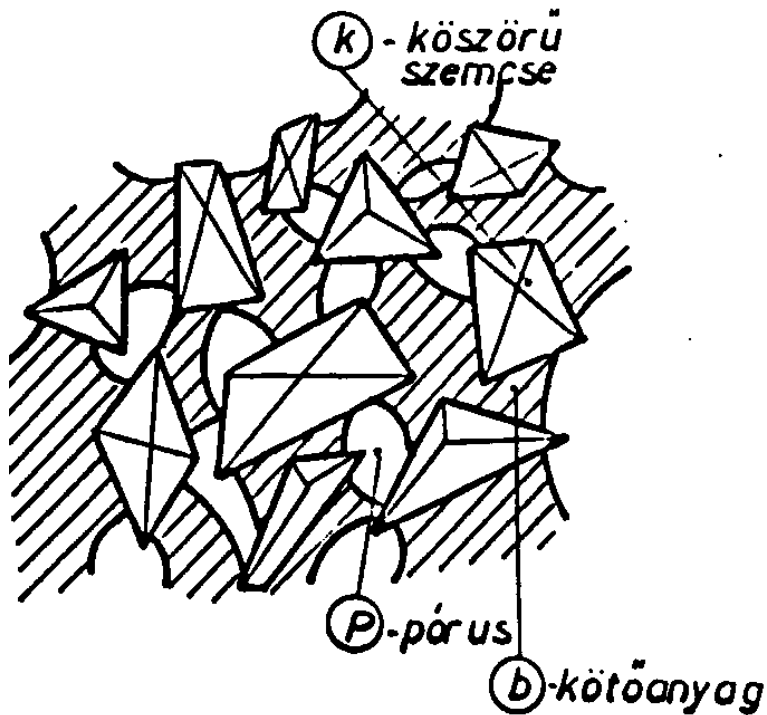
fogköszörülés



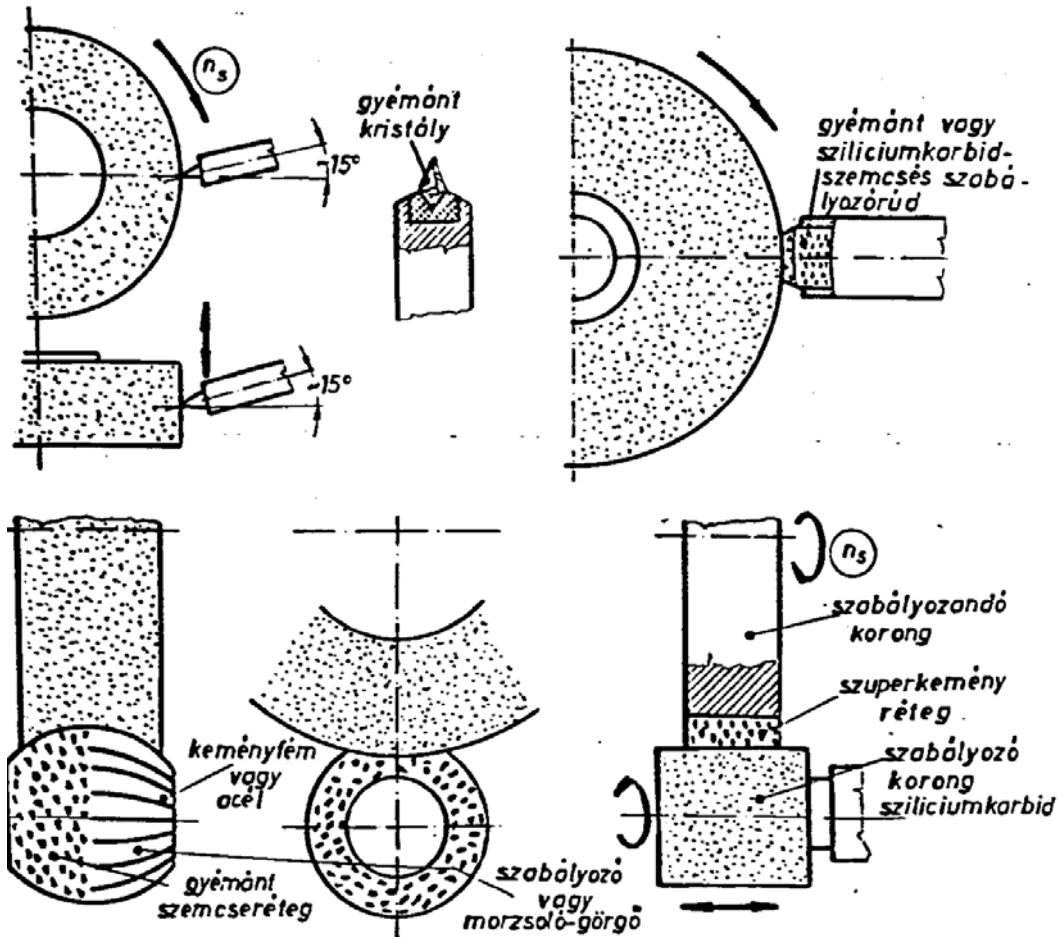
# Köszörülés



# Köszörülés



# Köszörülés



# Mintapélda köszörüléshez

Feladat: C45 anyagminőségű, Ø60 nemesített köracélt kell köszörülni KI 250-04 típusú egytetemes palástköszörűn oldalelőtolással. A megmunkálandó palástfelület hossza 300mm. Határozzuk meg a köszörülés erő és teljesítményszükségletét nagyoló köszörülés esetére, Ø60,6 kiinduló átmérőt feltételezve. A megmunkálás csúcsok közötti befogással történik, három fokozatban: 1. nagyoló köszörülés (a ráhagyás 80 %-át eltávolítja). 2. Simító köszörülés. 3. Kiszikráztatás. A számításhoz szükséges adatok:

Motorteljesítmény:  $P_m = 5,5 \text{ kW}$

Összhatásfok:  $\eta_o = 0,75$

Köszörűkorong: Ø400x30x127 méretű kerámiakötésű korong

Fajlagos forgácsolóerő:  $k_c = 8436,86 \text{ N/mm}^2$

Forgácsolósebesség:  $v_c = 30 \text{ m/s}$

Sebességhányados:  $q = 125$

Fogásmélység:  $a_e = 0,025 \text{ mm/kettőslöket}$

Oldalelőtolás:  $f = 0,5 \cdot b_s = 15 \cdot 30 \text{ mm} = 15 \text{ mm/mdb ford}$

$k\gamma = 4,5$  (a szemcsenagyság alapján választva)

# Mintapélda köszörüléshez

A főforgácsolóerő:

$$F_c = k_c \cdot f \cdot \frac{v_w}{v_c} \cdot a_e \cdot k_\gamma = 8436,86 \frac{N}{mm^2} \cdot 15mm \cdot \frac{1}{125} \cdot 0,025mm \cdot 4,5 = 112,89N$$

A teljesítmény:

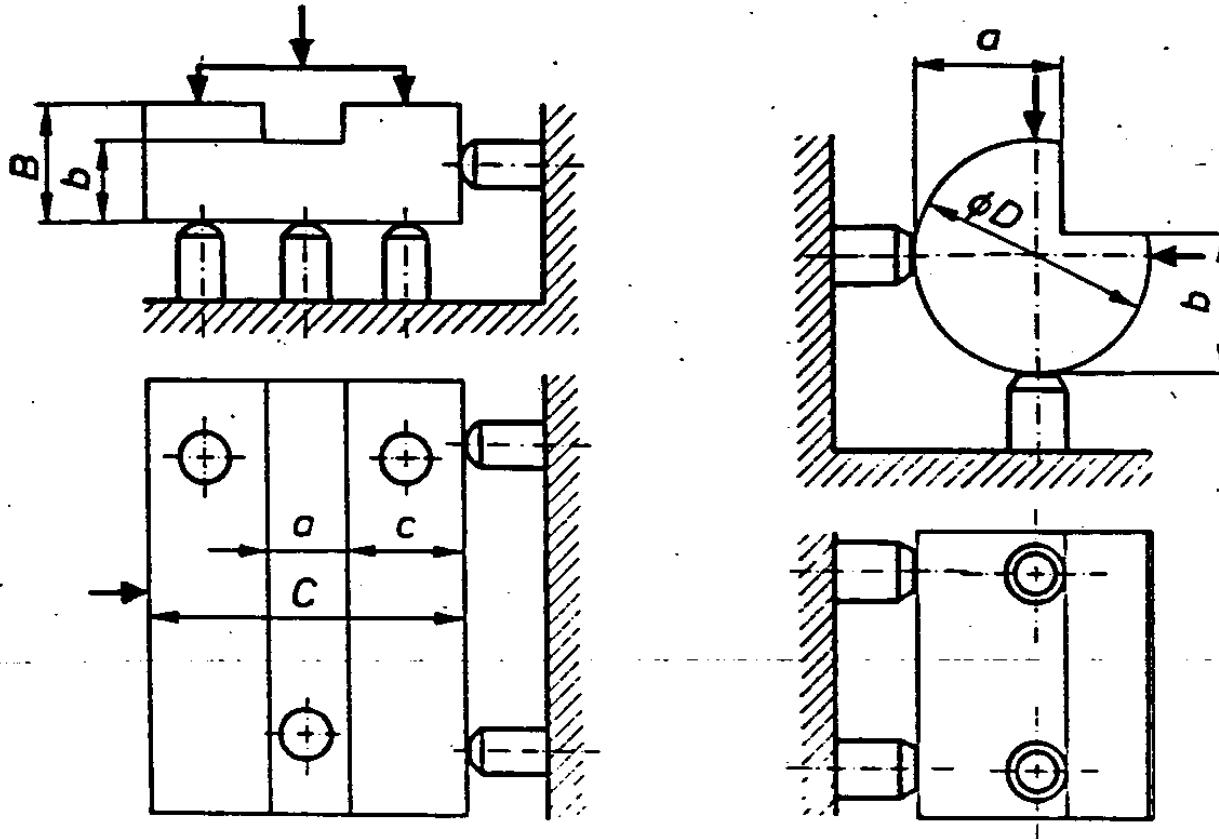
$$P_c = F_c \cdot v_c = 112,89N \cdot 30 \frac{m}{min} = 3416,7N < P_m \cdot \eta_o = 5500W \cdot 0,75 = 4125W$$

A teljesítményigény kisebb, mint a motor leadott hasznos teljesítménye.

# Bázisok

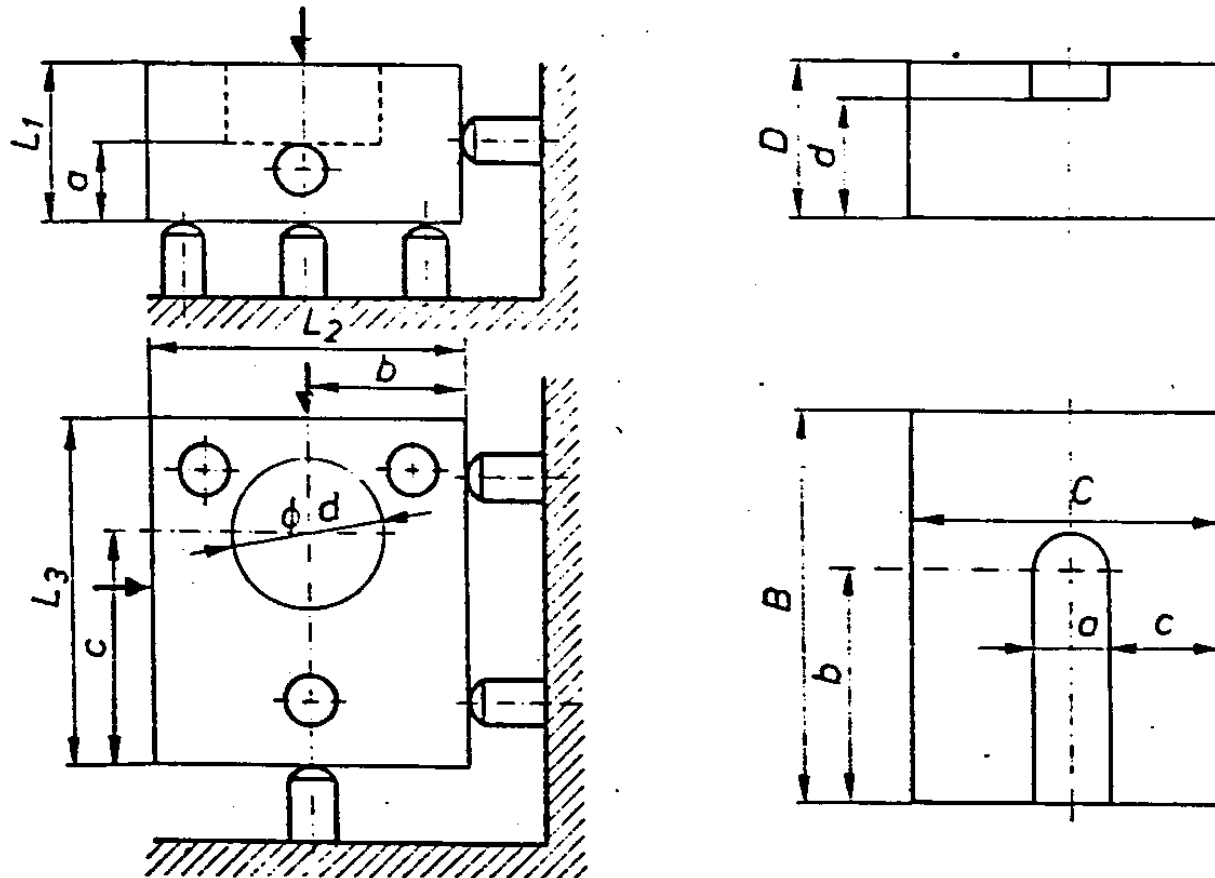
Félesége	Rendeltetése	Eredete	Megmunkálási foka	Felhasználása	Szerepe	Feladata
Valóságos	Gyártási	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fő</li> <li>Műveleti</li> <li>Segéd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durva</li> <li>Közbenső</li> <li>Simított</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technológiai</li> <li>Ellenőrzési</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Felfogás</li> <li>Mérés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Felfekvés</li> <li>Irányítás</li> <li>támasztás</li> </ul>
Elméleti						

# Bázisok



Helyzetmeghatározási példák: hasábalak, hengeres felület

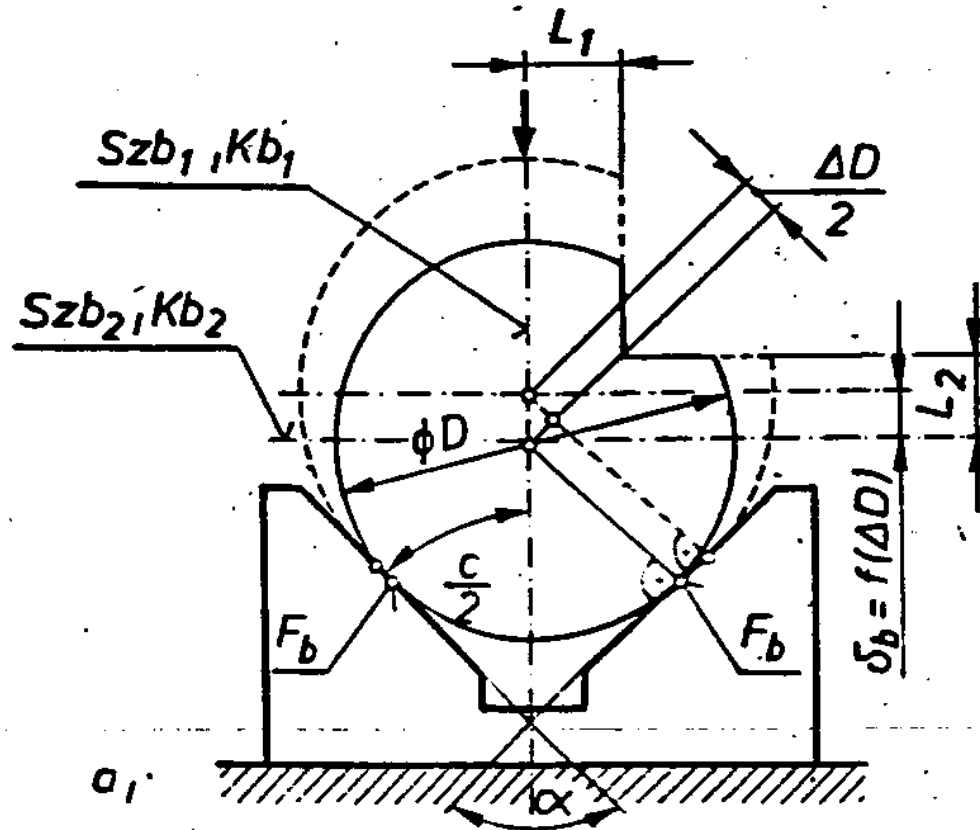
# Bázisok



Helyzetmeghatározási példák: furatos darab, horonymarás

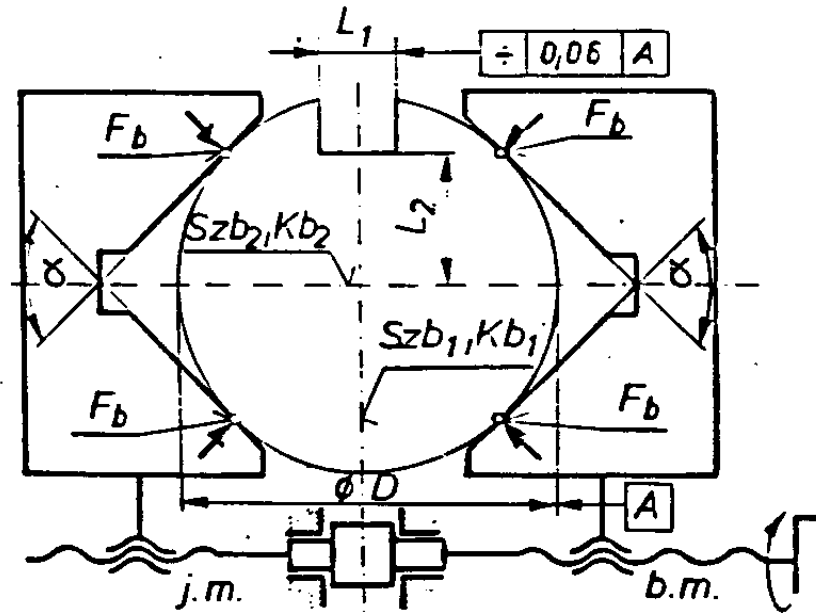


# Bázisok



Központosítás: egyirányú

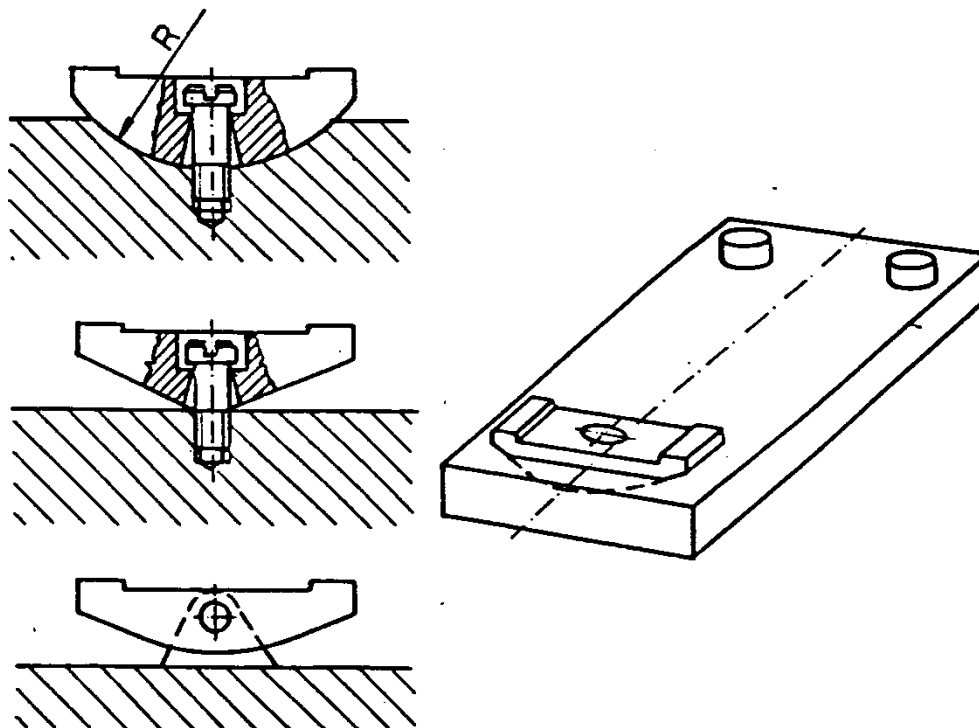
# Bázisok



Központosítás: kétirányu

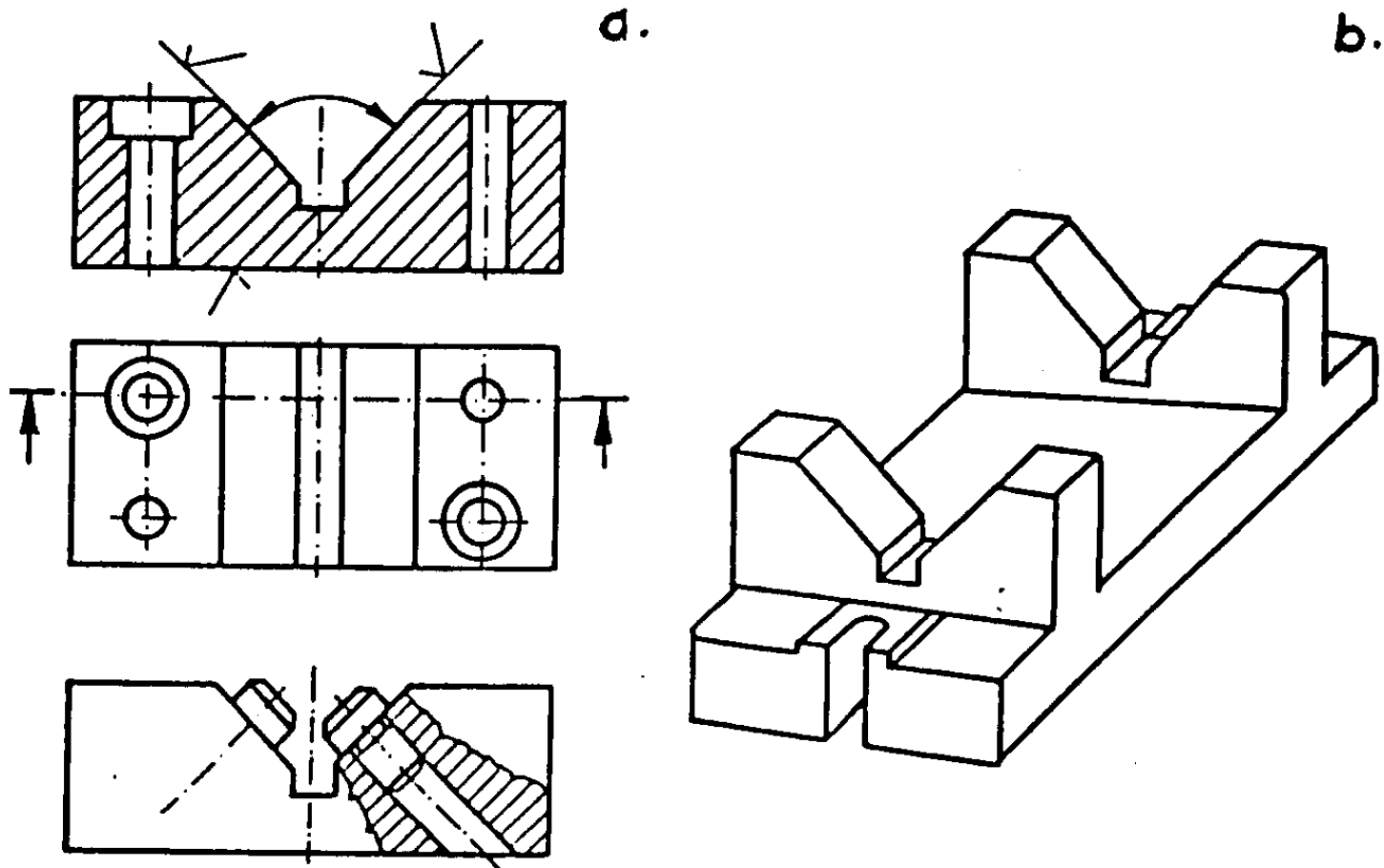
$$\delta_{b2} = \frac{\Delta D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,2}{2 \sin 45^\circ} = \frac{0,2}{2 \cdot 0,707} = 0,14 \text{ mm}$$

# Bázisok



6.9. ábra  
Elosztó ülékek és alkalmazásuk

# Bázisok



# Bázisok

A **bázis** a munkadarabnak az az eleme (felülete, vonala, pontja), amelytől kiindulva határozzuk meg a munkadarab más elemeinek helyzetét.

**Szerkesztési bázis**: a gépelem legjelentősebb eleme, amelyből kiindulva meghatározzuk, beméretezzük a többi elem helyzetét. **Valós**, ha a gépelemen megtalálható, **elméleti** ha nem (pl.: középvonal).

**Gyártási bázis**: a gyártás során használt eleme a munkadarabnak más elem helyzetének meghatározására (ütköztetett, felfektetett, kiállított elem).

A **főbázis**t a szerkezetben elfoglalt helye és működése határozza meg.

A **műveleti bázis** nem függ össze a működéssel, csak a megmunkálás alatt használjuk.

**Segédbázis**: csak technológiai célt szolgáló, mesterségesen kialakított műveleti bázis (pl.: központfurat).

**Durva, közbenső** és **simított** lehet a **bázis** megmunkáltsági foka szerint.

A **technológiai bázis** egybeeshet a szerkesztési bázissal (főbázis), vagy nem (műveleti bázis)

# Bázisok

Az **ellenőrzési bázis**t az elemek helyének és irányításának ellenőrzésére használjuk (pl.: kiállítás).

A **felfogási bázis** a munkadarab felfogásakor (ütköztetés, felfektetés) szolgál.

A **mérési bázis** a közbenső technológiai vagy készméretek mérésekor szolgál viszonyítási elemként.

A **felfekvési, irányítási**, ill. **támasztási bázis** a helyzet-meghatározásban, a szabadságfokok lekötésében elfoglalt szerep alapján keletkezik.

A fenti osztályozás különféle szempontok szerint történik, így ugyanaz az elem több bázisméretnél is illeszthető.

Előnyös az, ha a szerkesztési bázis egyben technológiai is (nincs bázismegválasztási hiba), továbbá ha az ellenőrzési és mérési bázis feladatát is ellátja. Ilyen főbázis általában csak simított bázis lehet.

# Méretlánc és tűrésszámítás

A **méretlánc** zárt körvonal mentén meghatározott sorrendben elhelyezett méretek láncolata, melynek egy vagy több gépelem felületeinek, vonalainak, pontjainak kölcsönös helyzetét határozzák meg.

A gépelem elkészítéséhez az egyes **méreteket** tűrésekkel látjuk el. A **tűrés** a gyártási méretszóródás megengedett nagysága. A méretlánc létrehozásakor (méretezéskor vagy megmunkáláskor) utolsóként adódó tag a **zárótag** vagy **eredő**, a többi tag **összetevő**.

A méretláncok lehetnek síkbeliek vagy térbeliek.

A méretek lehetnek párhuzamosak vagy szöveget bezáróak; hossz vagy szögméretek.

A **zárótag névleges mérete** = az összetevők névleges méretének algebrai összege:

$$L_{\Delta} = \underbrace{(L_1 + L_2 + \dots + L_k)}_{\text{növelő tagok}} - \underbrace{(L_{k+1} + L_{k+2} + \dots + L_{n-1})}_{\text{csökkentő ragok}}$$

# Méretlánc és tűrésszámítás

**Növelő tag:** növelésekor a zárótag is nő.

**Csökkentő tag:** növelésekor a zárótag is csökken.

A zárótag legnagyobb és legkisebb mérete:

$$L_{\Delta}^{\max} = \sum_{i=1}^k L_{nov,i}^{\max} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{csokk,i}^{\min} \quad L_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^k L_{nov,i}^{\min} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{csokk,i}^{\max}$$

A zárótag hibája:

$$\delta_{L_{\Delta}} = L_{\Delta}^{\max} - L_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^{n-1} L_i^{\max} - \sum_{i=1}^{n-1} L_i^{\min} = \sum_{i=1}^{n-1} (L_i^{\max} - L_i^{\min}) = \sum_{i=1}^{n-1} T_i = \mathcal{G}_{\Delta}$$

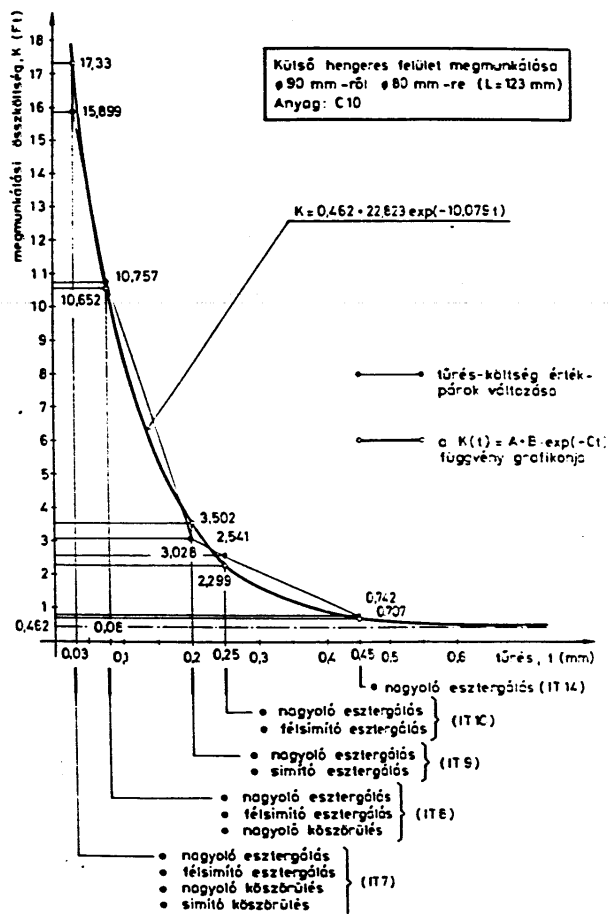
Azaz a zárótag szóródása = az összetevő tagok tűrésének összegével.

Ebből következik, hogy a zárótag hibája is nő a lánc tagjainak számával.

A  $T_i$  tűréseket arra a legnagyobb értékre kell megválasztani, amellyel az alkatrész a feladatát még megfelelően ellátja, a gyártási költség alacsonyan tartása céljából.

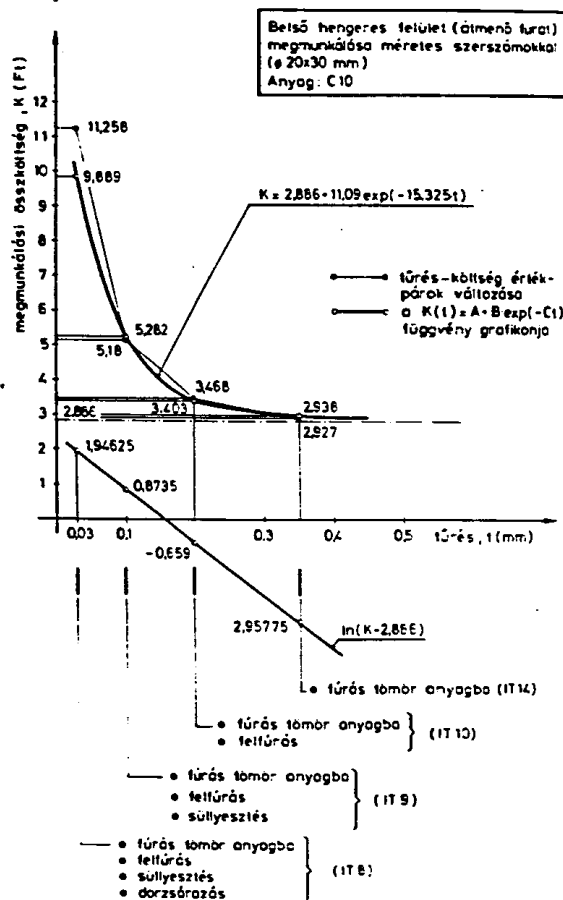


# Méretlánc és tűrésszámítás



A megmunkálási összköltség változása a tűrés függvényében külső hengeres felület megmunkálása esetén

# Méretlánc és tőræsszámítás



A megmunkálási összköltség változása a tőrés függvényében belső hengeres felület megmunkálása esetén

# Méretlánc és tűrésszámítás

**Mintapélda méretlánc számításra:**

Kérdés  $L_{\Delta}=?$   $\delta_{L_{\Delta}}=?$

**Megoldás:**

Növelő tagok:  $L_1, L_2$

Csökkentő tagok:  $L_3, L_4, L_5, L_6$

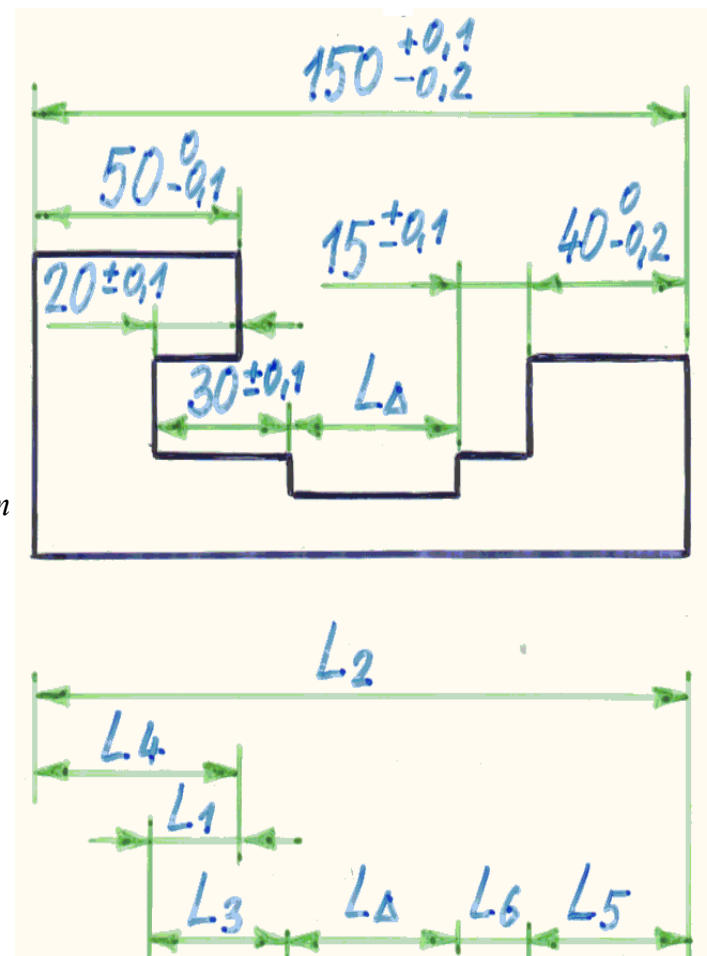
$$L_{\Delta}^{\max} = \sum_{i=1}^k L_{nov,i}^{\max} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{csokk,i}^{\min} = 20,1 + 150,1 - (29,9 + 49,9 + 39,8 + 14,9) = 35,7 \text{ mm}$$

$$L_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^k L_{nov,i}^{\min} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{csokk,i}^{\max} = 19,9 + 149,8 - (30,1 + 50 + 40 + 15,1) = 34,5 \text{ mm}$$

$$\delta_{L_{\Delta}} = L_{\Delta}^{\max} - L_{\Delta}^{\min} = 35,7 - 34,5 = 1,2 \text{ mm}$$

$$v_{\Delta} = \sum_{i=1}^6 T_i = 0,2 + 0,3 + 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,2 = 1,2 \text{ mm}$$

A zárótag szóródása egyenlő az összetevők tűrésének összegével ( $\delta_{L_{\Delta}} = v_{\Delta}$ )

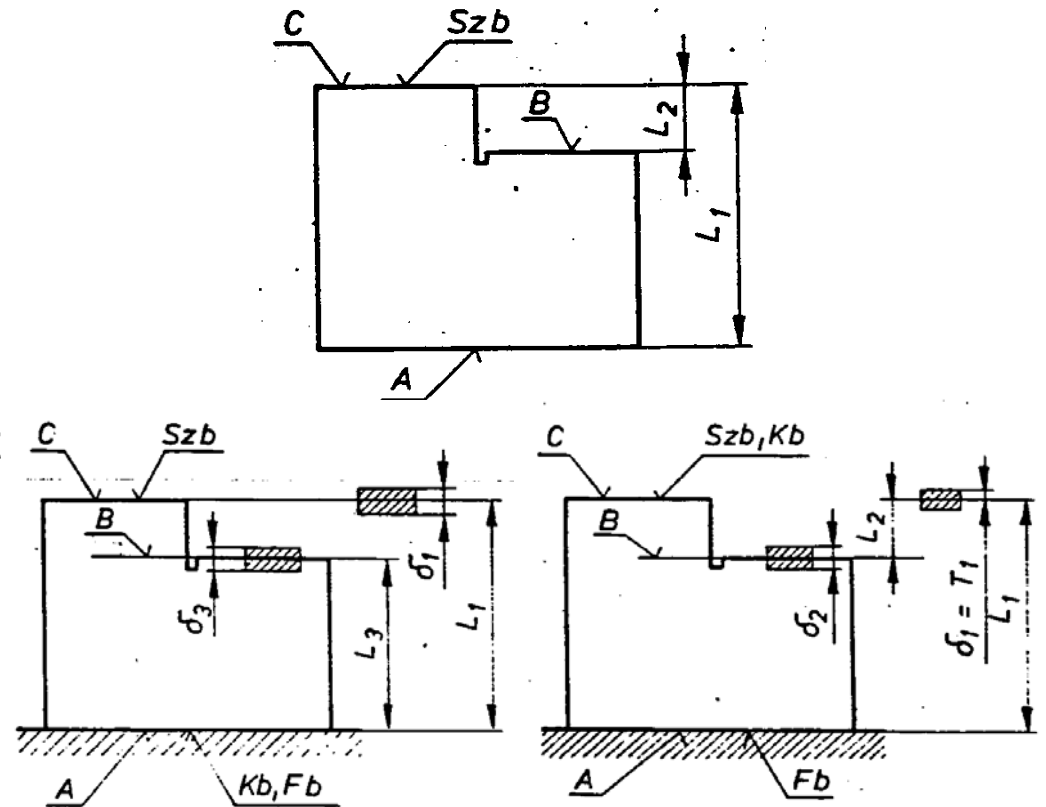


# Méretlánc és tűrésszámítás

**Mintapélda a bázisválasztási hibára:**

Az a) ábrán látható alkatrész szerkesztési méretei:  $L_1$  és  $L_2$  adottak.

Az  $L_1$  méretet egy korábbi megmunkálással megvalósították. Sorozatgyártást feltételezve az  $L_2$  mérettel meghatározott B felületet kell előállítani.



Bázisválasztási hiba: a) munkadarab  
b) műveleti bázis c) műveleti bázis

# Méretlánc és tűrésszámítás

**Megoldás:** b) ábra

A kiindulási (technológiai) bázis  $K_b \neq Sz_b$  szerkesztési bázis.  $L_3$  maró beállítási méretet a technológus adta meg. Emiatt az  $L_2$  szerkesztési méret az  $L_1$  és  $L_3$  méretek eredőjeként adódik. Az  $L_2$  méret hibája az  $L_1$  és  $L_3$  méretek hibáiból tevődik össze:  $\delta_2 = \delta_1 + \delta_3$ .

$L_2$  pontosságát az  $L_3$  méret gyártási hibáján kívül a technológiai és szerkesztési bázisok közötti  $L_1$  méret hibája is befolyásolja. Feltéve, hogy a hibák nem nagyobbak a tűréseknél,  $T_{\Delta} = T_2 = T_1 + T_3$  írható, amiből látszik, hogy a  $T_2$  szerkesztési tűrés csak akkor tartható, ha  $T_1 + T_3 \leq T_2$ . Ha  $T_1 > T_2$ , a marót állíthatjuk bármilyen pontosan, a  $T_2$  tűrést nem tudjuk tartani. Ilyenkor át kell térni egyedi szerszámbeállításra, vagy a munkadarabot felül, a C felületen kell ütköztetni (C ábra), vagy a C felületet is ebben a fogásban kell marni.

# Jobbkézszabály

